

KOPI

SEBAGAI KOMODITAS STRATEGIS

Kajian Botani, Produksi, dan Industri

Ir. Syafaruddin, Ph.D. | Dr. Dani, S.P., M.Sc. | Jeefry Andrian, S.P., M.Si.
Retno Muningsih, S.P., M.Sc. | Merlyn Mariana, S.P., M.P. | Sulfiani S.P., M.Si.
Dr. Reta, S.T.P., M.Si. | Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si.
Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc. | Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si.
Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si. | Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc.
Muhammad Yusuf, S.P., M.P.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.

KOPI SEBAGAI KOMODITAS STRATEGIS: Kajian Botani, Produksi, dan Industri

Penulis:

Ir. Syafaruddin, Ph.D.
Dr. Dani, S.P., M.Sc.
Jeefry Andrian, S.P., M.Si.
Retno Muningsih, S.P., M.Sc.
Merlyn Mariana, S.P., M.P.
Sulfiani S.P., M.Si.
Dr. Reta, S.T.P., M.Si.
Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si.
Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc.
Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si.
Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si.
Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc.
Muhammad Yusuf, S.P., M.P.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.

Lingkar Edukasi
indonesia

LINGKAR EDUKASI INDONESIA

KOPI SEBAGAI KOMODITAS STRATEGIS: Kajian Botani, Produksi, dan Industri

Penulis:

Ir. Syafaruddin, Ph.D.| Dr. Dani, S.P., M.Sc.| Jeefry Andrian, S.P., M.Si.| Retno Muningsih, S.P., M.Sc.| Merlyn Mariana, S.P., M.P.| Sulfiani S.P., M.Si.| Dr. Reta, S.T.P., M.Si.| Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si.| Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc.
Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si.| Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si.| Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc.| Muhammad Yusuf, S.P., M.P.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.

Penyunting: Putri Srimulia Ningsi, S.T.

Desain Sampul dan Tata Letak: Diana Fitri, S.Ds., M.Sn.

Diterbitkan oleh:

Lingkar Edukasi Indonesia

Anggota IKAPI No. 058/SBA/2024

Kolam Janiah, Nagari Kudu Ganting

Kec. V Koto Timur, Kabupaten Padang Pariaman

Email: lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com

Website: www.lingkaredukasiindonesia.com

ISBN: 978-634-288-076-0

Cetakan pertama, Oktober 2025

© Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi, Sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku *Kopi sebagai Komoditas Strategis: Kajian Botani, Produksi, dan Industri* ini dapat hadir di tengah pembaca. Kopi telah lama menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat dunia, tidak hanya sebagai minuman yang dinikmati setiap hari, tetapi juga sebagai komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi yang menghubungkan petani, pelaku usaha, dan pasar global dalam satu mata rantai yang dinamis.

Buku ini disusun untuk menghadirkan pemahaman yang runtut mengenai kopi dari berbagai sudut pandang keilmuan dan praktik industri. Dimulai dari posisi kopi dalam percaturan global dan nasional, pembaca diajak mengenali perjalanan historisnya, kontribusinya bagi perekonomian Indonesia, serta karakteristik jenis dan mutu yang menjadi identitas kopi Nusantara. Perspektif botani, fisiologi tanaman, dan kondisi agroklimat memberikan landasan ilmiah mengenai bagaimana tanaman kopi tumbuh dan beradaptasi dalam lingkungan yang beragam.

Selain aspek budidaya, perhatian juga diberikan pada pengelolaan hama dan penyakit, manajemen panen, serta teknik pascapanen yang menentukan kualitas akhir produk. Transformasi biji kopi melalui proses fermentasi, pengeringan, hingga penyangraian dipaparkan bersama penjelasan mengenai perubahan kimia yang membentuk cita rasa. Rantai nilai industri, hilirisasi, inovasi produk, serta dinamika perdagangan internasional menunjukkan

bahwa kopi bergerak dalam sistem yang saling terhubung antara sektor hulu dan hilir.

Pada akhirnya, isu keberlanjutan, adaptasi terhadap perubahan iklim, pemanfaatan teknologi, serta dukungan kebijakan menjadi bagian penting dalam menjaga eksistensi kopi sebagai komoditas strategis di masa depan. Kehadiran buku ini diharapkan dapat menjadi rujukan akademis dan praktis bagi mahasiswa, pendidik, pelaku usaha, serta pemerhati sektor perkebunan yang menaruh perhatian pada pengembangan kopi Indonesia dan dunia.

Bogor, Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB 1 KOPI SEBAGAI KOMODITAS GLOBAL DAN NASIONAL **1**
Oleh Ir. Syafaruddin, Ph.D. **1**
A. Pendahuluan 1
B. Sejarah Kopi 5
C. Jejak Kopi di Indonesia 8
D. Kopi dalam Perdagangan Global 12
E. Kopi dalam Perekonomian Indonesia 19
F. Karakteristik Jenis dan Kualitas Kopi Indonesia 23
G. Tantangan dan Peluang Pengembangan Industri Kopi Indonesia 26
H. Prospek dan Arah Pengembangan Industri Kopi Indonesia 31
DAFTAR PUSTAKA **34**
BAB 2 TAKSONOMI DAN BOTANI KOPI: SPESIES, VARIETAS, DAN KERAGAMAN GENETIK **37**
Oleh Dr. Dani, S.P., M.Sc. **37**
A. Pendahuluan 37
B. Taksonomi Kopi 38
C. Botani Tanaman Kopi 39
D. Spesies Kopi Penting secara Ekonomi 41

E. Varietas dan Kultivar Kopi 44
F. Keragaman Genetik Kopi..... 45
G. Implikasi terhadap Pemuliaan dan Konservasi..... 46
H. Tantangan dan Arah Penelitian Masa Depan 46
DAFTAR PUSTAKA 48
BAB 3 FISIOLOGI TANAMAN KOPI: PERTUMBUHAN, PERKEMBANGAN, DAN FAKTOR LINGKUNGAN . 50
Oleh Jeefry Andrian, S.P., M.Si. 50
A. Pendahuluan 50
B. Pertumbuhan Tanaman Kopi 51
C. Perkembangan Tanaman Kopi..... 55
D. Faktor Lingkungan dan Respons Fisiologis 59
DAFTAR PUSTAKA 71
BAB 4 EKOLOGI DAN AGROKLIMAT: KONDISI IDEAL UNTUK PRODUKSI KOPI BERMUTU..... 76
Oleh Retno Muningsih, S.P., M.Sc. 76
A. Ekologi dan Agroklimat Tanaman Kopi..... 76
B. Kondisi Ideal untuk Produksi Kopi Bermutu 86
DAFTAR PUSTAKA 93
BAB 5 TEKNIK BUDIDAYA KOPI: PEMBIBITAN, PENANAMAN, DAN PEMELIHARAAN 96
Oleh Merlyn Mariana, S.P., M.P. 96
A. Pembibitan..... 100
B. Penanaman 106
C. Pemeliharaan..... 107
DAFTAR PUSTAKA 110

BAB 6 HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN KOPI: IDENTIFIKASI, DAMPAK DAN PENGENDALIAN TERPADU 112

Oleh Sulfiani, S.P., M.Si. 112

A. Peran dan Tantangan Tanaman Kopi 112

B. Hama Utama Tanaman Kopi 113

C. Strategi Pengendalian Hama Terpadu 121

DAFTAR PUSTAKA 129

BAB 7 MANAJEMEN PANEN KOPI: PENENTUAN KEMASAKAN, TEKNIK PEMETIKAN, DAN SORTASI 132

Oleh Dr. Reta, S.T.P., M.Si. 132

A. Pendahuluan 132

B. Konsep Manajemen Panen dan Ruang Lingkup 134

C. Penentuan Kemasakan Buah Kopi 135

D. Perencanaan dan Organisasi Panen 143

E. Teknik Pemetikan Kopi (*Harvesting Techniques*) 144

F. Penanganan Buah Setelah Dipetik (*Handling* di Kebun) 149

G. Sortasi Buah Kopi: Manual dan Metode Apung 150

DAFTAR PUSTAKA 157

BAB 8 PASCAPANEN KOPI PROSES *NATURAL*, *WASHED*, *HONEY*, DAN FERMENTASI TERKONTROL 160

Oleh Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si. 160

A. Pendahuluan 160

B. Proses *Natural* 161

C. Proses *Full Wash* 166

D. Proses *Honey* 171

E. Fermentasi Terkontrol 174
DAFTAR PUSTAKA 176
BAB 9 KIMIA DAN MUTU BIJI KOPI: SENYAWA PEMBENTUK FLAVOR DAN FAKTOR PENENTU KUALITAS 178
Oleh Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc. 178
A. Pendahuluan 178
B. Komposisi Kimia Biji Kopi 180
C. Transformasi Kimia Selama Pengolahan dan Penyangraian 185
D. Senyawa Pembentuk *Flavor* Kopi: Hubungan Molekul dan Persepsi Sensori 189
E. Parameter Mutu Biji Kopi 192
F. Mutu Kimia Biji Kopi 194
G. Mutu Sensori (*Cupping Quality*) 194
DAFTAR PUSTAKA 197
BAB 10 TEKNOLOGI PENYANGRAIAN (*ROASTING*): MEKANISME REAKSI DAN STANDAR MUTU .. 201
Oleh Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si. 201
A. Prinsip Termodinamika dan Perpindahan Panas. 201
B. Kinetika dan Mekanisme Reaksi Kimia Penyangraian 204
C. Pengendalian Variabel Proses (*Process Control*) .. 207
D. Standar Mutu Dan Identifikasi Defek 209
E. Manajemen Pasca-Proses dan Stabilitas Produk .. 214
DAFTAR PUSTAKA 216
BAB 11 INDUSTRI KOPI: RANTAI NILAI, HILIRISASI, DAN INOVASI PRODUK 218

Oleh Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si. 218
A. Pendahuluan Industri Kopi 218
B. Rantai Nilai Kopi 220
C. Hilirisasi Kopi 224
D. Inovasi Produk dalam Industri Kopi 227
DAFTAR PUSTAKA 235
BAB 12 KOPI DALAM EKONOMI DAN PERDAGANGAN GLOBAL: TREN, TANTANGAN, DAN PELUANG 237
Oleh Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc. 237
A. Pendahuluan: Kopi sebagai Komoditas Strategis . 237
B. Tren Perdagangan Kopi Global 242
C. Tantangan dalam Industri Kopi 248
D. Peluang dan Prospek Masa Depan 253
E. Penutup 256
DAFTAR PUSTAKA 258
BAB 13 *SUSTAINABILITY* DAN MASA DEPAN KOMODITAS KOPI: ADAPTASI, TEKNOLOGI, DAN KEBIJAKAN 261
Oleh Muhammad Yusuf, S.P., M.P. 261
A. Konsep Keberlanjutan dalam Sistem Produksi Kopi 261
B. Adaptasi Budidaya Kopi terhadap Perubahan Iklim dan Degradasi Lahan 263
C. Inovasi Teknologi untuk Efisiensi dan Keberlanjutan 265
D. Kebijakan, Regulasi, dan Standar Keberlanjutan .. 268

E. Strategi Transformasi dan Standar Keberlanjutan Komoditas Kopi 271
DAFTAR PUSTAKA 274
BIODATA PENULIS 278

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penampilan habitus tiga spesies kopi yang dibudidayakan: a. Kopi Arabia, b. Kopi Robusta, dan c. Kopi Liberika 42
Gambar 4. 1 Laju Pertumbuhan Tajuk Kopi Berdasarkan Panjang Hari 78
Gambar 5. 1 Kebun Kopi 99
Gambar 5. 2 Pembibitan Kopi 100
Gambar 5. 3 Benih Kopi Arabika Fase Serdadu 101
Gambar 5. 4 Tempat Persemaian 103
Gambar 5. 5 Setek Kopi 104
Gambar 6. 1 Penggerek buah pada tanaman Kopi: (A) Telur, (B) Larva, (C) Pupa, dan (D) Imago 114
Gambar 6. 2 (A) Aktivitas kumbang betina menggerek pada buah kopi, (B) Kerusakan di dalam buah (C) Gejala serangan Hama Buah Kopi *Hypothenemus hampei* 114
Gambar 6. 3 Serangan Hama Penggerek Cabang Pada Kopi 115
Gambar 6. 4 Kutu Hijau 116
Gambar 6. 5 Gejala Penyakit Karat Daun pada Tanaman Kopi 118
Gambar 6. 6 Gejala Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Kopi 119
Gambar 6. 7 Gejala Serangan *C. coffeicola* pada buah Kopi 120
Gambar 6. 8 Penyakit Jamur Upas pada Tanaman Kopi .. 120

Gambar 6. 9 Diagram Ambang Ekonomi (*Economic Threshold*) dan Aras Luka Ekonomi (*Economic Injury Level*) dalam pengendalian Hama dan Penyakit 124
Gambar 6. 10 Musuh alami PBKo 126
Gambar 6. 11 Atraktan PBKo 127
Gambar 7. 1 Prinsip Dasar Panen kopi dengan Jumlah Minggu 134
Gambar 7. 2 Faktor Kunci Keputusan Manajemen Panen Kopi 135
Gambar 7. 3 Skala Visual Kemasakan Buah Kopi 137
Gambar 7. 4 Alur Menetapkan Ambang Panen Berbasis Persentase Buah Matang 139
Gambar 7. 5 Ilustrasi Petik Merah Selektif: Hanya Buah Matang yang Dipetik 145
Gambar 7. 6 Alur SOP Ringkas Panen Petik Merah Hingga Sortasi Lapang 148
Gambar 7. 7 Contoh Tata Letak Sederhana Area Sortasi Lapang (Terpal/Meja Sortasi) 151
Gambar 7. 8 Skema Metode Apung (*Floatation*) untuk Memisahkan Buah Ringan/Hampa 152
Gambar 7. 9 Ilustrasi Beberapa Contoh Cacat Fisik Pada Biji Kopi 153
Gambar 8. 1 Perkembangan Fermentasi Buah Kopi untuk Meningkatkan Cita Rasa 175
Gambar 10. 1 Korelasi Antara Profil Suhu (Lingkungan dan Biji Kopi), Fase Reaksi Kimia, dan Mekanisme Perpindahan Panas Selama Proses Penyangraian Kopi 205
Gambar 11. 1 Rantai Nilai Kopi Indonesia 221

Gambar 11. 2 Kopi Bubuk dalam Kemasan Plastik dan Kemasan Kertas 223
Gambar 11. 3 Contoh Kopi Siap Saji dalam Kemasan Botol dan Kotak 229
Gambar 11. 4 Contoh Kopi dengan Bahan Tambahan 231
Gambar 11. 5 Contoh Kopi Siap Konsumsi 232
Gambar 11. 6 Cascara (Teh Kulit Kopi) 234

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Karakteristik Morfologi 42
Tabel 5. 1 Sistem Jarak Tanam Kopi 107
Tabel 7. 1 Tahap Kemasakan Buah Kopi dan Implikasi Mutu 138
Tabel 7. 3 Perbandingan Ringkas Teknik Pemetikan Kopi 146
Tabel 7. 4 Contoh Kriteria Sortasi Buah Kopi dan Tindakan Korektif 152
Tabel 9. 1 Perbandingan Komposisi Kimia Biji Kopi *Coffea arabica* dan *Coffea canephora* 184
Tabel 9. 2 Senyawa Prekursor Utama dan Produk Reaksi Selama Proses *Roasting* Kopi 188
Tabel 10. 1 Standar Tingkat Pemanggangan Kopi 211
Tabel 12. 1 Profil Ekonomi dan Kontribusi Sektor Kopi pada Negara Produsen Utama (Estimasi 2023-2024) 239

BAB 1
KOPI SEBAGAI KOMODITAS GLOBAL DAN NASIONAL

Oleh Ir. Syafaruddin, Ph.D.

A. Pendahuluan

Selama berabad-abad, kopi telah memainkan peran strategis dalam perekonomian dunia, menjadikannya salah satu komoditas paling penting dalam perdagangan global (Nugroho et al., 2025). Tanaman yang berasal dari Ethiopia ini sekarang menjadi salah satu minuman yang paling disukai dan dikonsumsi di seluruh dunia. Jutaan petani, pedagang, dan konsumen kopi di seluruh dunia dipengaruhi oleh komoditas bernilai tinggi ini, yang merupakan bagian dari ekonomi dunia (Revindo et al., 2024). Kopi tidak hanya memainkan peran penting dalam kehidupan ekonomi dan budaya bangsa, tetapi juga menjadi sumber devisa yang besar, khususnya bagi Indonesia.

Perjalanan panjang kopi dari benua ke benua meninggalkan jejak budaya dan ekonomi yang mendalam (Hati et al., 2025). Di Ethiopia, kopi pertama kali dikonsumsi dan ditanam pada abad kesembilan. Namun, kopi baru menjadi komoditas komersial penting pada abad kelima belas ketika pedagang Arab mulai memperdagangkannya melalui Pelabuhan Mocha di Yaman. Dari sana, kopi menyebar ke Turki, Arab, dan Eropa pada

abad ke-17. Bangsa-bangsa Eropa membawa kopi ke koloni-koloni mereka, yang berkontribusi pada penyebaran kopi ke seluruh dunia. Setelah Belanda berhasil mengembangkan perkebunan kopi di Jawa pada akhir abad ke-17 dan awal abad ke-18, Indonesia menjadi salah satu daerah yang mendapat manfaat besar dari penyebaran ini.

Indonesia memiliki posisi yang sangat strategis dan kuat dalam perdagangan kopi global. Produsen kopi terbesar di dunia saat ini adalah Indonesia sebagai urutan keempat, setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia (Revindo et al., 2024). Indonesia berkontribusi signifikan terhadap pasokan kopi dunia dengan produksi tahunan sekitar 789.000 hingga 794.000 ton. Produksi kopi Indonesia terdiri dari dua jenis utama, yaitu Robusta, yang menyumbang sekitar 73-80 persen dari total produksi, dan Arabika, yang menyumbang sekitar 20-27 persen (Rahmawati et al., 2024). Keanekaragaman jenis dan kualitas kopi Indonesia memberikan keunggulan unik di pasar internasional, terutama dengan munculnya kopi spesialti dan kopi organik yang memiliki nilai premium (Nopitriyani et al., 2023).

Melihat dari tingginya kontribusi terhadap ekonomi Indonesia, menunjukkan betapa pentingnya kopi sebagai komoditas nasional (Suwali et al., 2022). Setelah karet, kakao, dan minyak sawit, kopi memberikan devisa terbesar keempat. Jutaan petani rakyat terlibat dalam industri kopi, dan petani skala kecil dan menengah menyumbang sekitar 92 persen produksi kopi Indonesia. Antara Januari dan September 2024, ekspor kopi Indonesia mencapai 342.000 ton, senilai 1,49 miliar USD, dengan tujuan utama ke Amerika Serikat, Mesir, Jerman, dan Malaysia. Angka-angka ini menunjukkan peran penting kopi bagi ekonomi

Indonesia secara keseluruhan, serta menjadi sumber penghasilan yang sangat penting bagi jutaan keluarga petani di berbagai daerah.

Dalam beberapa dekade terakhir, pasar kopi telah mengalami transformasi yang signifikan secara global. Pada tahun 2028, pasar kopi global diproyeksikan mencapai 102,15 miliar dolar AS dan diproyeksikan terus tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 4,28 persen. Beberapa faktor utama mendorong pertumbuhan ini, termasuk peningkatan konsumsi kopi di negara-negara berkembang, terutama di Asia, dan tren kopi spesialti, serta kopi organik dengan nilai tambah yang lebih tinggi. Konsumsi kopi secara global telah melampaui 170 juta tas per tahun, dengan berat setiap tas 60 kilogram, dan tren ini terus berkembang mengikuti pertumbuhan pasar kopi spesialti di berbagai negara.

Industri kopi juga menghadapi beberapa masalah besar yang memerlukan perhatian khusus. Harga kopi yang terus berubah di seluruh dunia menimbulkan keraguan bagi petani dan pengusaha kopi. Banyak faktor yang menyebabkan fluktuasi harga ini, termasuk cuaca yang tidak menentu di negara-negara produsen utama seperti Brazil, perubahan iklim yang semakin ekstrem, dan dinamika pasar global yang kompleks. Pada tahun 2024–2025, harga kopi mengalami volatilitas yang signifikan. Harga kopi Arabika dan Robusta berubah karena persediaan global yang rendah dan sensitivitas pasar terhadap kondisi produksi di negara-negara produsen besar.

Selain itu, masalah struktural yang dihadapi industri kopi Indonesia juga harus ditangani. Produksi perkebunan

kopi Indonesia masih rendah, dengan produktivitas tahunan rata-rata hanya 0,77 ton per hektar, jauh di bawah potensi maksimum. Kualitas produksi kopi Indonesia juga berubah, karena sebagian besar kopi masih diekspor dalam bentuk biji mentah tanpa pengolahan, yang berarti nilai tambah yang diterima Indonesia masih lebih rendah daripada jika produk diekspor dalam bentuk olahan atau produk akhir.

Produksi kopi Indonesia tersebar di berbagai daerah secara geografis, masing-masing dengan ciri khasnya. Produsen kopi terbesar adalah Sumatera Selatan, yang menyumbang sekitar 28% dari total produksi nasional. Diikuti oleh Lampung, yang menyumbang 17%, Aceh, yang menyumbang 12%, dan Sumatera Utara, yang menyumbang 10%, serta Sulawesi Selatan, yang menyumbang 8%. Setiap wilayah menghasilkan kopi dengan karakteristik yang berbeda-beda. Misalnya, kopi Robusta Sumatera Selatan memiliki rasa yang kuat dan pekat, kopi Arabika Gayo dari Aceh, kopi Arabika Toraja dari Sulawesi, dan kopi Arabika Ijen Raung dari Jawa Timur, yang dikenal memiliki cita rasa yang kompleks dan kualitas premium (Paitung et al., 2025).

Dinamika pasar global dan perubahan preferensi konsumen juga memengaruhi pertumbuhan industri kopi Indonesia. Dengan tren kopi spesialti dan kopi organik yang semakin kuat di pasar global, kopi Indonesia memiliki peluang besar untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saingnya. Kopi bersertifikasi *fair trade* dan organik, yang menjamin produk layak dan ramah lingkungan, sangat disukai oleh pasar di Eropa dan Amerika Utara. Dengan kualitas dan keanekaragamannya yang luas, kopi Indonesia

memiliki potensi besar untuk memanfaatkan peluang pasar ini.

Indonesia memiliki masalah tersendiri dalam hal konsumsi domestik. Dibandingkan dengan negara-negara yang paling banyak mengonsumsi kopi, seperti Amerika Serikat dan Finlandia, konsumsi kopi per kapita Indonesia hanya sekitar satu kilogram per tahun. Namun, karena berkembangnya industri kedai kopi dan meningkatnya kesadaran masyarakat kota terhadap kopi berkualitas, konsumsi kopi di Indonesia menunjukkan tren positif, meningkat sekitar 10% setiap tahunnya. Konsumsi kopi domestik diperkirakan mencapai 4,8 juta kantong dari tahun 2024–2025, meningkat dari 4,45 juta kantong pada tahun 2020-2021.

Memahami kopi sebagai komoditas global dan nasional memerlukan perspektif yang holistik. Kita perlu melihat bagaimana sejarah panjang kopi telah membentuk hubungan perdagangan antar bangsa, bagaimana dinamika pasar kopi global memengaruhi ekonomi lokal Indonesia, dan bagaimana tantangan serta peluang di masa depan akan membentuk nasib industri kopi kita.

B. Sejarah Kopi

1. Asal Mula dan Penyebaran Awal Kopi

Dipercaya bahwa tanaman kopi pertama kali ditemukan dan dikonsumsi di dataran tinggi Ethiopia pada abad ke-9, orang-orang Ethiopia adalah orang pertama yang menemukannya. Menurut legenda, seorang penggembala domba bernama Kaldi menemukan keajaiban kopi ketika dia melihat domba-dombanya menjadi sangat aktif dan tidak bisa tidur setelah mereka memakan buah-buahan dari

pohon tertentu. Penemuan ini menandai awal sejarah panjang konsumsi kopi.

Pada tahap berikutnya, masyarakat Arab mulai mengkultivasi kopi dengan cara yang lebih sistematis, meskipun budidaya kopi komersial di Yaman dimulai pada awal tahun 575 Masehi. Pedagang Arab memasarkan kopi melalui Pelabuhan Mocha di Yaman pada pertengahan abad ke-15 (Silaban et al., 2024). Pada saat itu, Pelabuhan Mocha menjadi satu-satunya rute perdagangan biji kopi. Orang Eropa menyebut kopi "Mocha" berdasarkan nama kota di mana kopi diperdagangkan.

Untuk mempertahankan monopoli mereka atas perdagangan komoditas berharga ini, pedagang Arab sangat mempertahankan monopoli kopi. Mereka bahkan memaksa biji kopi yang akan diperdagangkan untuk direbus terlebih dahulu. Tujuannya adalah agar biji kopi yang sudah direbus tidak dapat ditumbuhkan menjadi tanaman. Selama berabad-abad, Arab terus mendominasi produksi kopi dengan menggunakan strategi ini (Azis et al., 2022).

2. Era Ekspansi Eropa dan Penyebaran Global

Pada akhirnya, upaya Arab untuk menjauhkan kopi dari dunia luar gagal. Orang Belanda berhasil membawa tanaman kopi ke Belanda dari Pelabuhan Mocha pada tahun 1616. Hasil ini memulai era baru dalam sejarah kopi, di mana negara-negara Eropa mulai terlibat dalam produksi dan perdagangan kopi.

Pada awal abad ke-17, negara-negara Eropa mulai membangun perkebunan kopi mereka sendiri. Pertama, mereka mencoba membudidayakan perkebunan di Eropa

sendiri, tetapi iklimnya tidak cocok untuk tanaman kopi. Akibatnya, negara-negara Eropa mulai membudidayakan wilayah koloni mereka yang tersebar di seluruh dunia. Dengan kekuatan maritimnya yang kuat pada saat itu, Belanda mengembangkan strategi ini.

Untuk strategi ekspansi kopi Eropa, Indonesia, khususnya pulau Jawa, menjadi lokasi penting. Belanda mulai mencoba menanam kopi di Ceylon (Sri Lanka) pada tahun 1658, tetapi upaya pertama mereka tidak berhasil. Belanda membawa setek pohon kopi dari Malabar (wilayah India) ke Jawa pada tahun 1696–1699. Upaya ini sangat berhasil, dan perkebunan kopi di Jawa menghasilkan kopi yang sangat baik. Pada tahun 1706, sampel kopi yang dihasilkan dari tanaman di Jawa dikirim ke Belanda untuk diteliti di Kebun Raya Amsterdam. Hasilnya sangat memuaskan dan kopi yang dihasilkan memiliki kualitas yang sangat baik. Sejak saat itu, tanaman kopi Jawa digunakan sebagai bibit untuk seluruh perkebunan kopi di Indonesia.

Selanjutnya Belanda memperluas wilayah pertanian kopi ke berbagai pulau Indonesia, seperti Sumatera, Sulawesi, Bali, Timor, dan pulau lainnya. Ekspansi ini menghasilkan sistem pembatasan wilayah yang disebut "Preanger Stelsel" yang dirancang khusus untuk penanaman kopi di Jawa Barat. Produksi kopi di perkebunan Belanda di Indonesia mengambil alih dominasi kopi Yaman dalam perdagangan internasional. Pada tahun 1720, Belanda menjadi eksportir kopi terbesar di dunia, dan kopi Indonesia menjadi komponen utama perdagangan kopi dunia.

Selama hampir seratus tahun, dari abad ke-18 hingga awal abad ke-19, Indonesia menjadi produsen dan eksportir kopi terbesar di dunia. Namun, dominasi ini berakhir pada tahun 1830 ketika Brazil mengambil alih posisi Indonesia dan sekarang menjadi produsen kopi terbesar di dunia.

3. Perkembangan Industri Kopi Modern

Teknologi pengolahan kopi berkembang seiring dengan perkembangan industri kopi itu sendiri. Untuk menyeduh kopi, Cremonesi membuat pompa piston yang dapat menyemprotkan air panas dengan kecepatan tinggi pada tahun 1938. Inovasi ini menjadi dasar dari mesin espresso kontemporer. Pada tahun yang sama, Nestle menemukan kopi instan di Brazil. Sekarang, Nestle adalah penghasil kopi instan terbesar di dunia. Kopi sekarang lebih mudah diakses oleh konsumen di seluruh dunia berkat inovasi-inovasi ini.

Industri kopi telah mengalami beberapa transformasi di era modern. Gelombang pertama terdiri dari peningkatan konsumsi kopi dan komoditasnya selama tahun 1800-an. Pada tahun 1970, terbentuk budaya minum kopi di masyarakat, dimana konsumsi kopi menjadi bagian dari gaya hidup dan budaya sehari-hari. Gelombang kedua dimulai pada tahun 1970-an, dengan pertumbuhan perusahaan seperti Folgers dan Maxwell House. Gelombang ketiga dimulai pada tahun 2000, dan pada tahun ini, konsumsi kopi global meningkat pesat.

C. Jejak Kopi di Indonesia

Kisah kopi di Indonesia bermula pada akhir abad ke-17. Pada tahun 1696, Belanda pertama kali mencoba membawa

bibit kopi dari Malabar, India, ke Pulau Jawa. Upaya ini belum membuahkan hasil. Tanaman kopi tidak tumbuh seperti yang diharapkan. Meski demikian, kegagalan awal tersebut tidak menyurutkan ambisi Belanda. Tiga tahun kemudian, pada 1699, percobaan kembali dilakukan dengan persiapan yang lebih matang. Kali ini, hasilnya berbeda, kopi tumbuh dengan baik di tanah Jawa dan kualitasnya bahkan mampu menyaingi kopi dari Yaman, yang saat itu mendominasi perdagangan kopi dunia.

Keberhasilan tersebut semakin menguat pada tahun 1706, ketika sampel kopi dari perkebunan Jawa dikirim ke Belanda dan diuji di Kebun Raya Amsterdam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kopi Jawa memiliki mutu yang sangat tinggi, melampaui ekspektasi para ahli botani dan pedagang. Sejak saat itu, Belanda memperluas budidaya kopi secara besar-besaran ke berbagai wilayah Nusantara, mulai dari Sumatera, Sulawesi, Bali, hingga Timor. Ekspansi ini membawa keuntungan ekonomi yang sangat besar bagi pemerintah kolonial. Pada abad ke-18, Indonesia, terutama Jawa, menjadi produsen kopi terbesar di dunia, menggantikan posisi Yaman, dan kopi Jawa menjelma sebagai salah satu komoditas paling bernilai di pasar internasional.

Namun, kejayaan tersebut tidak datang tanpa konsekuensi. Di balik tingginya nilai kopi di pasar global, masyarakat lokal harus menanggung beban yang berat. Pada tahun 1830, Belanda menerapkan sistem tanam paksa atau *cultuurstelsel*, yang mewajibkan petani Indonesia menanam kopi dan komoditas ekspor lainnya di sebagian lahan mereka. Sistem ini memang mendongkrak produksi dan memberikan keuntungan besar bagi kolonial, tetapi

pada saat yang sama menekan kehidupan petani dan memperdalam ketimpangan dalam struktur perkebunan.

Seiring berjalannya waktu, tantangan baru muncul. Serangan penyakit yang melanda kopi arabika mendorong Belanda untuk memperkenalkan jenis kopi lain, yakni kopi robusta, pada tahun 1907. Robusta terbukti lebih tahan terhadap hama dan penyakit, mampu tumbuh di dataran yang lebih rendah, serta memiliki produktivitas yang lebih tinggi. Perlahan namun pasti, robusta menjadi jenis kopi yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Hingga kini, sekitar 80–90 persen produksi kopi nasional berasal dari robusta.

Posisi Indonesia sebagai produsen kopi terbesar dunia bertahan hampir satu abad, sebelum akhirnya tergeser oleh Brazil pada pertengahan abad ke-19. Dengan dukungan iklim yang lebih ideal, lahan yang sangat luas, serta investasi besar dalam infrastruktur perkebunan, Brazil berhasil melampaui Indonesia dan hingga saat ini tetap menempati posisi teratas dalam produksi kopi global. Setelah Indonesia merdeka pada tahun 1945, perkebunan kopi peninggalan kolonial dinasionalisasi oleh pemerintah. Namun, perubahan ini juga membawa pergeseran struktur kepemilikan. Saat ini, industri kopi Indonesia didominasi oleh petani kecil dengan luas lahan kurang dari satu hektar, berdampingan dengan sejumlah perkebunan besar milik swasta dan negara.

Sejarah panjang tersebut membentuk wajah industri kopi Indonesia seperti yang dikenal sekarang. Selama bertahun-tahun, Indonesia lebih dikenal sebagai produsen dan eksportir kopi dibandingkan sebagai negara konsumen. Orientasi utama tertuju pada pasar internasional,

sementara pasar domestik relatif kurang mendapat perhatian. Namun, dalam satu dekade terakhir, kecenderungan ini mulai berubah.

Konsumsi kopi di dalam negeri menunjukkan pertumbuhan yang stabil. Pada periode 2020-2021, konsumsi kopi nasional tercatat sekitar 4,45 juta kantong dan terus meningkat hingga diperkirakan mencapai 4,8 juta kantong pada periode 2024-2025. Meski demikian, konsumsi kopi per kapita Indonesia masih tergolong rendah, sekitar 1 kilogram per tahun, jauh di bawah rata-rata negara maju maupun beberapa negara Asia lainnya. Kondisi ini justru mengindikasikan besarnya ruang untuk pertumbuhan pasar domestik di masa depan.

Peningkatan konsumsi kopi dalam negeri didorong oleh berbagai faktor. Berkembangnya sektor perhotelan, restoran, serta industri makanan dan minuman menciptakan permintaan baru terhadap kopi. Di sisi lain, menjamurnya kedai kopi modern atau kafe di berbagai kota besar menjadi pendorong yang sangat kuat. Kehadiran merek internasional seperti Starbucks pada awal 2000-an membuka jalan bagi tumbuhnya budaya minum kopi di luar rumah. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, kedai kopi lokal justru berkembang lebih pesat, dengan konsep, cita rasa, dan identitas yang semakin beragam.

Fenomena ini tidak terlepas dari peran generasi muda, khususnya Gen-Z dan milenial, yang mencakup lebih dari separuh populasi Indonesia. Bagi generasi ini, kopi bukan lagi sekadar minuman, melainkan bagian dari gaya hidup, ruang bertemu, dan sarana mengekspresikan identitas. Dampaknya terlihat jelas pada pertumbuhan jumlah kedai kopi yang meningkat hampir tiga kali lipat

dalam tiga tahun terakhir, dengan nilai pasar yang diperkirakan mencapai 2,1 miliar dolar AS dan tingkat pertumbuhan tahunan sekitar 10 persen.

Perubahan di pasar domestik ini membuka peluang baru bagi petani kopi lokal. Melalui kerja sama langsung dengan kedai kopi dan berkembangnya konsep *farm-to-table*, rantai distribusi dapat dipersingkat, nilai tambah meningkat, dan posisi tawar petani menjadi lebih baik. Dengan demikian, kopi Indonesia tidak hanya mempertahankan perannya di pasar global, tetapi juga semakin menemukan maknanya di dalam negeri, sebagai penggerak ekonomi lokal sekaligus bagian dari identitas budaya masyarakat.

D. Kopi dalam Perdagangan Global

1. Posisi dan Produksi Kopi Dunia

Dengan nilai pasar yang terus meningkat di seluruh dunia, kopi merupakan salah satu komoditas terpenting dalam perdagangan internasional. Data terbaru menunjukkan bahwa pasar kopi global diperkirakan mencapai 102,15 miliar dolar AS pada tahun 2023 dan diperkirakan tumbuh hingga tahun 2028 dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 4,28 persen. Angka-angka ini menunjukkan bahwa kopi adalah komoditas penting dan sektor yang terus berkembang yang menarik investasi.

Brazil adalah produsen kopi terbesar di dunia jika dibandingkan dengan negara lain. Sekitar 64,7 juta kantong kopi (setiap kantong seberat 60 kg) diproduksi setiap tahun di Brazil, yang merupakan sekitar 37% dari produksi kopi global secara keseluruhan. Produksi kopi Brazil terutama terkonsentrasi di daerah Minas Gerais, Sao Paulo,

dan Parana. Wilayah-wilayah ini memiliki iklim tropis, tanah yang subur, dan curah hujan yang stabil, yang memberikan lingkungan yang ideal untuk budidaya kopi. Kopi Brazil terkenal karena rasanya yang lembut dengan sentuhan cokelat dan kacang.

Berdasarkan produksi 29 juta kantong kopi per tahun, Vietnam adalah produsen kopi terbesar di dunia, menyumbang 17 persen dari produksi kopi global. Vietnam dikenal sebagai penghasil kopi Robusta, yang memiliki rasa yang kuat dan kadar kafein tinggi. Vietnam dapat menghasilkan kopi secara besar-besaran, terutama di Dataran Tinggi Tengah (*Central Highlands*), berkat iklim tropis yang lembab, suhu yang stabil, dan dukungan pemerintah untuk pertanian. Vietnam telah berhasil meningkatkan produksinya secara signifikan selama beberapa dekade terakhir dan sekarang menjadi pemain utama di pasar kopi global.

Kolombia menempati posisi ketiga dengan sekitar 13,2 juta kantong kopi yang diproduksi setiap tahun, Kopi Kolombia dikenal karena cita rasanya yang halus dan aromanya yang unik. Industri kopi Kolombia berhasil berkat dukungan pemerintah dan asosiasi petani yang menjaga kualitas produksi. Dengan iklim, suhu, dan curah hujan yang ideal, pegunungan Andes menjadi lokasi utama perkebunan kopi Arabika.

Posisi keempat adalah Indonesia sebagai produsen kopi terbesar di dunia dengan produksi sekitar 10,7 juta kantong kopi, atau sekitar 789.000 hingga 794.000 ton. Indonesia adalah salah satu produsen kopi terbesar di Asia Tenggara karena iklimnya yang tropis, curah hujan yang tinggi, dan tanah yang subur akibat letusan gunung berapi.

Kualitas dan varietas kopi Indonesia, mulai dari Robusta hingga Arabika premium seperti kopi Luwak dan Mandailing, memberikan keunggulan unik di pasar global.

Sedangkan Ethiopia menempati posisi kelima dengan sekitar 10,63 juta kantong kopi yang diproduksi setiap tahunnya, Ethiopia, sebagai tempat asal tanaman kopi Arabika, memiliki keunggulan dalam hal diversitas genetik kopi. Tanah yang subur dan topografinya yang bergunung-gunung menghasilkan biji kopi berkualitas tinggi. Kopi Arabika Ethiopia terkenal karena rasanya yang rumit dan bau buah-buahan yang unik.

2. Dinamika Produksi dan Proyeksi Masa Depan

Produksi kopi dunia sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi iklim dan cuaca. Dalam beberapa tahun terakhir, perubahan pola curah hujan dan suhu semakin terasa dampaknya terhadap produktivitas perkebunan kopi di berbagai negara. Laporan *International Coffee Organization* (ICO) mencatat bahwa produksi kopi global meningkat sebesar 5,8 persen menjadi 178 juta kantong dibandingkan tahun sebelumnya. Pada periode yang sama, konsumsi kopi dunia juga tumbuh sebesar 2,2 persen menjadi 177 juta kantong, sehingga secara agregat pasar mencatat surplus sekitar 1 juta kantong.

Meski demikian, angka-angka tersebut tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi pasokan yang aman. Proyeksi Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) untuk periode 2024–2025 memperkirakan produksi kopi global meningkat sekitar 4 persen menjadi 174,855 juta kantong. Kenaikan ini terutama ditopang oleh pertumbuhan produksi kopi robusta, sementara peningkatan produksi arabika relatif terbatas. Pada saat

yang sama, tekanan pada sisi pasokan justru semakin menguat.

Tekanan tersebut terlihat dari penurunan persediaan akhir kopi dunia. Pada periode 2024–2025, stok global diperkirakan turun sekitar 6,6 persen menjadi 20,867 juta kantong, level terendah dalam lebih dari dua dekade. Kondisi ini menunjukkan bahwa surplus produksi dalam jangka pendek tidak serta-merta menjamin kestabilan pasokan. Pasar kopi global berada dalam situasi yang cukup rapuh, di mana gangguan kecil dapat dengan cepat memicu perubahan harga yang signifikan.

Situasi ini semakin diperkuat oleh perkembangan di Brazil, negara produsen kopi terbesar di dunia. Pada November 2024, USDA menurunkan proyeksi produksi kopi Brazil untuk periode 2024–2025 menjadi 66,4 juta kantong akibat tantangan iklim dan cuaca yang kurang mendukung. Mengingat peran Brazil yang sangat dominan, revisi produksi di negara ini dengan cepat memengaruhi keseimbangan pasar kopi global.

Secara struktural, pasar kopi dunia merupakan sistem yang kompleks dan saling terhubung. Dari sisi produksi, pasar ini sangat terkonsentrasi pada beberapa negara utama, dengan Brazil dan Vietnam sebagai pemain kunci, diikuti oleh Kolombia, Indonesia, dan Ethiopia. Konsentrasi produksi ini membuat keputusan terkait produksi, stok, dan ekspor dari negara-negara tersebut memiliki dampak yang besar terhadap pergerakan harga internasional. Dari sisi konsumsi, Uni Eropa dan Amerika Serikat menjadi pasar utama, sementara Brazil juga menempati posisi penting sebagai produsen sekaligus konsumen besar. Di

kawasan Asia, Jepang, Filipina, China, dan Indonesia menunjukkan tingkat konsumsi yang terus meningkat.

Permintaan global terhadap kopi secara umum terus menunjukkan tren positif. Berbagai proyeksi memperkirakan bahwa pertumbuhan produksi masih sedikit lebih cepat dibandingkan konsumsi dalam jangka pendek. Namun, keseimbangan ini sangat rapuh dan rentan terhadap perubahan iklim, serangan penyakit tanaman, kebijakan perdagangan, serta aktivitas spekulasi di pasar berjangka. Kondisi pasar global yang tidak stabil ini tercermin secara langsung pada fluktuasi harga kopi internasional.

Dalam konteks tersebut, prospek industri kopi Indonesia ke depan menunjukkan kecenderungan yang cukup positif, meskipun tetap disertai sejumlah tantangan. Pasar kopi domestik Indonesia pada periode 2024–2029 diproyeksikan tumbuh dengan laju sekitar 3,61 persen, mencerminkan permintaan dalam negeri yang terus menguat. Dari sisi ekspor, produksi kopi Indonesia diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan ekspansi lahan dan tingginya permintaan global.

Namun, peningkatan volume produksi dan ekspor perlu diimbangi dengan perbaikan kualitas agar daya saing kopi Indonesia di pasar internasional dapat terjaga, bahkan ditingkatkan. Di tengah volatilitas harga global yang dipengaruhi oleh faktor cuaca, penyakit tanaman, dan dinamika perdagangan internasional, tren jangka panjang menunjukkan bahwa harga kopi cenderung meningkat seiring dengan pertumbuhan permintaan dunia yang tidak selalu diimbangi oleh pasokan.

Dengan posisinya sebagai produsen kopi terbesar keempat dunia serta keberagaman jenis kopi yang memiliki kualitas dan karakteristik khas, Indonesia memiliki peluang besar untuk memperkuat perannya di pasar kopi global. Namun, peluang tersebut hanya dapat dimanfaatkan secara optimal jika disertai dengan komitmen yang kuat untuk mengatasi berbagai tantangan struktural dan meningkatkan keberlanjutan industri kopi nasional.

3. Fluktuasi Harga Kopi dan Implikasinya

Kondisi pasar kopi global yang rapuh tersebut tercermin secara nyata pada pergerakan harga kopi internasional. Harga kopi merupakan salah satu yang paling volatil di antara semua komoditas pertanian global. Dalam beberapa tahun terakhir, pasar kopi telah mengalami gelombang volatilitas yang luar biasa. Mencapai puncaknya pada bulan Februari 2025, harga kopi arabika mencapai level tertinggi sepanjang masa, yaitu sebesar 440,85 USD per pon. Tingkat volatilitas ini jauh melebihi variabilitas normal yang biasanya terjadi di pasar kopi.

Berbagai faktor berkontribusi terhadap volatilitas harga ini. Pertama, kondisi cuaca yang tidak menentu di negara-negara penghasil utama, terutama Brazil dan Vietnam, hal ini telah menciptakan ketidakpastian pasokan. Brazil, sebagai produsen terbesar, menghadapi tantangan cuaca yang tidak menguntungkan yang berdampak pada tingkat panen. Proyeksi produksi Brazil untuk tahun 2025 pun telah direvisi turun berkali-kali, menciptakan kekhawatiran tentang ketersediaan kopi global.

Kedua, stok kopi global yang terus menurun menciptakan kondisi pasar yang sangat ketat. Ketika persediaan terbatas, produsen menjadi lebih protektif

terhadap stok mereka, mengurangi ekspor, dan harga cenderung melonjak. Kondisi ini telah terjadi di berbagai waktu dalam beberapa tahun terakhir, menciptakan lonjakan harga yang signifikan.

Ketiga, dinamika perdagangan global dan kebijakan pemerintah memainkan peran penting. Misalnya, penetapan tarif AS terhadap kopi Brazil atau berbagai kebijakan proteksionisme lainnya dapat menggeser aliran perdagangan kopi dan memengaruhi harga. Kebijakan moneter oleh bank sentral global, seperti pergerakan suku bunga *The Federal Reserve*, juga berdampak signifikan pada harga komoditas yang diperdagangkan dalam denominasi dolar AS. Keempat, spekulasi di pasar kopi yang akan datang menciptakan dinamika harga yang bisa menyimpang jauh dari kondisi fundamental pasar. Investor institusional dan spekulan yang membeli dan menjual kontrak kopi ke depan dalam volume besar dapat menggerakkan harga jauh dari nilai sebenarnya, menciptakan gelombang harga sementara.

Dampak dari fluktuasi harga yang tinggi ini sangat signifikan bagi petani kopi Indonesia. Ketika harga kopi naik drastis, seperti yang terjadi dalam periode 2024-2025, petani dapat menikmati keuntungan yang luar biasa. Data menunjukkan bahwa selama panen raya 2024, petani mampu meraih pendapatan mencapai 75 juta hingga 120 juta rupiah per hektar dari penjualan kopi segar. Pendapatan yang luar biasa ini menjadi berkah ekonomi yang mendorong aktivitas ekonomi di berbagai sentra produksi kopi seperti Gayo, Toraja, dan Temanggung.

Sebaliknya, ketika harga kopi turun, petani kopi menderita kerugian yang signifikan. Biaya produksi yang

tetap tinggi menjadi beban yang berat ketika harga jual menurun drastis. Banyak petani kecil tidak memiliki kemampuan untuk menyimpan stok dalam waktu lama dan menunggu harga naik kembali, sehingga mereka terpaksa menjual dengan harga yang rendah untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mereka.

E. Kopi dalam Perekonomian Indonesia

1. Kontribusi Ekonomi dan Nilai Ekspor

Dalam perekonomian Indonesia, kopi memegang peran yang sangat strategis, baik di tingkat nasional maupun lokal. Sebagai salah satu dari empat komoditas perkebunan utama penghasil devisa, bersama minyak sawit, karet, dan kakao, kopi memberikan kontribusi nyata terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, khususnya melalui penguatan sektor pertanian dan peningkatan penerimaan ekspor (Suwali et al., 2022).

Kinerja ekspor kopi Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan tren yang sangat positif. Sepanjang Januari hingga September 2024, volume ekspor kopi mencapai sekitar 342 ribu ton dengan nilai sekitar 1,49 miliar dolar AS atau setara dengan Rp23 triliun. Capaian ini mencerminkan meningkatnya permintaan kopi Indonesia di pasar global, baik dari sisi volume maupun nilai. Secara tahunan, nilai ekspor kopi pada 2024 bahkan melonjak lebih dari 76 persen dibandingkan tahun sebelumnya, menegaskan posisi kopi sebagai salah satu komoditas strategis dalam neraca perdagangan nasional (Pratiwi et al., 2024). Indonesia juga mencatat surplus perdagangan kopi, di mana nilai ekspor jauh melampaui nilai impor.

Ke depan, prospek ekspor kopi Indonesia diperkirakan tetap cerah. Ekspor bersih kopi pada 2025 diproyeksikan meningkat dari sekitar 420 ribu ton pada 2024 menjadi 427 ribu ton. Sejalan dengan itu, tren produksi kopi nasional juga menunjukkan arah yang positif. Berdasarkan analisis peramalan menggunakan metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), produksi kopi Indonesia diperkirakan terus meningkat dalam jangka menengah hingga panjang, didorong oleh perluasan lahan tanam dan tingginya permintaan global. Produksi kopi nasional diperkirakan meningkat dari sekitar 814 ribu ton pada 2023 menjadi lebih dari 912 ribu ton pada 2027, dengan laju pertumbuhan rata-rata sekitar 2,8 persen per tahun.

Namun, kontribusi kopi terhadap perekonomian Indonesia tidak dapat dipahami hanya melalui angka produksi dan devisa. Di berbagai daerah penghasil, kopi telah menjadi tulang punggung ekonomi lokal dan sumber penghidupan jutaan masyarakat. Lebih dari satu juta petani kopi beserta keluarga mereka menggantungkan hidup pada sektor ini. Pendapatan dari kopi tidak hanya menopang kebutuhan dasar rumah tangga petani, tetapi juga menggerakkan roda ekonomi desa, mulai dari pendidikan anak, layanan kesehatan, hingga investasi kecil yang mendorong aktivitas ekonomi lainnya.

Daerah-daerah seperti Gayo, Toraja, Temanggung, Lampung, dan berbagai sentra kopi lainnya telah mengalami transformasi ekonomi yang signifikan berkat perdagangan kopi. Di wilayah-wilayah ini, kopi bukan sekadar komoditas ekspor, melainkan bagian dari identitas sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Peran perempuan juga semakin terlihat dalam rantai nilai kopi,

mulai dari proses pascapanen hingga pengemasan dan pemasaran. Di sejumlah komunitas, perempuan petani bahkan membentuk kelompok tani dan koperasi untuk memperkuat posisi tawar, memperluas akses pasar, dan memperoleh harga yang lebih adil.

Dengan demikian, kopi Indonesia tidak hanya berperan sebagai penghasil devisa negara, tetapi juga sebagai penggerak ekonomi lokal dan instrumen penting dalam pembangunan pedesaan. Perpaduan antara kinerja ekspor yang kuat dan dampak sosial-ekonomi yang luas menjadikan kopi sebagai salah satu pilar penting dalam pembangunan ekonomi Indonesia yang berkelanjutan.

2. Distribusi Geografis dan Karakteristik Regional

Kontribusi dan karakteristik yang berbeda-beda, produksi kopi Indonesia tersebar di berbagai provinsi. Produksi kopi Sumatera Selatan adalah yang terbesar di Indonesia; itu memproduksi kopi jenis Robusta sebanyak 80% dari total produksi, atau 250.000-300.000 ton per tahun, menyumbang sekitar 28% dari produksi kopi nasional (Puspita et al., 2020). Daerah penghasil utama Sumatera Selatan berada di ketinggian 800–1.500 meter di atas permukaan laut. Wilayah ini termasuk Pagaralam, Lahat, dan Muara Enim. Kopi Sumatera Selatan terkenal dengan rasanya yang kuat, pekat, dan pahit yang khas dari espresso.

Lampung menempati posisi kedua sebagai produsen kopi dengan 200.000–230.000 ton kopi per tahun, menyumbang sekitar 17% dari total produksi nasional. Selain itu, Lampung adalah pusat penghasil kopi Robusta terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara; wilayah Tanggamus dan Lampung Barat memproduksi kopi

Robusta paling banyak, menyumbang sekitar 60 persen dari produksi provinsi (Syahputra & Sudrajat, 2023). Kopi Lampung sebagian besar dikirim ke Eropa Timur, Timur Tengah, dan Asia Selatan.

Dengan menghasilkan 120.000–150.000 ton kopi setiap tahun, aceh menyumbang 12% dari produksi nasional. Kopi Arabika Gayo Aceh terkenal sebagai penghasil utama kopi Arabika varietas Gayo yang berkualitas tinggi. Kopi ini memiliki karakteristik istimewa seperti tingkat keasaman yang seimbang, tubuh yang penuh, dan aroma yang kompleks, yang membuatnya menjadi salah satu kopi spesialti terbaik di dunia.

Sumatera Utara menyumbang 10% dari total produksi kopi nasional dengan menghasilkan 90.000–110.000 ton kopi setiap tahun. Daerah ini terkenal dengan kopi Arabika Mandheling, yang merupakan salah satu varietas kopi terbaik di Indonesia dengan aroma dan cita rasa yang unik. Selanjutnya Sulawesi Selatan dengan menghasilkan 50.000 hingga 65.000 ton kopi setiap tahun, menyumbang 8% dari produksi nasional. Provinsi Toraja terkenal dengan kopi Arabika Toraja, yang merupakan salah satu kopi premium terbaik di dunia. Ditanam di ketinggian lebih dari 1.200 meter di atas permukaan laut, tanah endapan liat dan kondisi geografisnya membuat rasa dan aromanya unik. Produksi nasional juga dibantu oleh provinsi lain seperti Jawa Timur, Bengkulu, Jawa Tengah, Bali, dan Nusa Tenggara Timur, masing-masing dengan kualitas kopi mereka yang unik dan bernilai tinggi di pasar internasional (Mustafa & Utami, 2022).

3. Dominasi Petani Rakyat dan Struktur Produksi

Struktur produksi kopi Indonesia memiliki fitur khusus. Mayoritas produksi kopi Indonesia berasal dari petani rakyat (perkebunan rakyat), dengan Perkebunan Besar Swasta (PBS) dan Perkebunan Besar Negara (PBN) menyumbang sisa 92 persen. Dominasi petani rakyat menunjukkan bahwa mayoritas produksi kopi di Indonesia berasal dari petani skala kecil dan menengah yang tersebar di berbagai wilayah.

Fakta ini memiliki dampak signifikan pada kebijakan dan rencana pengembangan kopi nasional. Peningkatan kesejahteraan petani, yang bertanggung jawab atas produksi sebagian besar kopi Indonesia, diperlukan untuk mengikuti kesuksesan Indonesia sebagai produsen kopi terbesar keempat dunia. Untuk memastikan bahwa pertumbuhan industri kopi dapat berkorelasi dengan peningkatan kesejahteraan petani, sangat penting untuk terjadi kerja sama antara berbagai pihak, termasuk pemerintah, koperasi, pengusaha, dan lembaga keuangan.

F. Karakteristik Jenis dan Kualitas Kopi Indonesia

Keberagaman jenis kopi yang dihasilkan Indonesia merupakan salah satu kekuatan terbesar negara ini dalam pasar kopi global. Secara komersial, terdapat empat jenis kopi utama yang dibudidayakan dan diperdagangkan di Indonesia, yaitu Arabika (*Coffea arabica* L.), Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner), Liberika (*Coffea liberica* Hiern), dan *Excelsa*. Masing-masing jenis memiliki karakteristik botani, profil rasa, serta kegunaan yang berbeda dalam industri kopi.

Kopi Robusta merupakan jenis yang paling dominan di Indonesia, menyumbang sekitar 80–90 persen dari total produksi nasional. Robusta dikenal memiliki kadar kafein yang relatif tinggi, berkisar antara 2,2 hingga 2,7 persen, dengan tubuh kopi yang kuat dan rasa yang cenderung pahit. Dari sisi agronomis, Robusta memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan Arabika serta lebih tahan terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Tanaman ini dapat tumbuh pada ketinggian rendah hingga sekitar 800 meter di atas permukaan laut. Dalam industri, Robusta banyak digunakan sebagai bahan baku kopi instan, campuran espresso, serta berbagai produk kopi olahan. Kopi Robusta Indonesia dari berbagai daerah menunjukkan karakter rasa yang beragam, mulai dari nuansa membumi (*earthy*) yang kuat hingga karakter yang lebih halus, tergantung pada asal dan proses pascapanennya.

Kopi Arabika Indonesia, meskipun hanya menyumbang sekitar 10–20 persen dari total produksi nasional, memiliki reputasi yang sangat tinggi di pasar global. Arabika dikenal sebagai kopi berkualitas premium dengan cita rasa yang lebih halus, tingkat keasaman yang lebih tinggi, serta profil rasa yang kompleks. Kandungan kafein Arabika relatif lebih rendah, berkisar antara 1,2 hingga 1,5 persen. Kopi Arabika umumnya dibudidayakan di dataran tinggi, di atas 800 meter di atas permukaan laut, dan lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan serta serangan penyakit. Beberapa daerah penghasil Arabika Indonesia telah menjadi ikon dalam komunitas kopi dunia, seperti Kopi Gayo dari Aceh, Kopi Toraja dari Sulawesi Selatan, Kopi Mandailing dari Sumatera Utara, dan Kopi Temanggung dari Jawa Tengah. Kopi-kopi tersebut dikenal memiliki nuansa rasa buah-buahan, floral, dan herbal yang

khas, serta telah meraih berbagai pengakuan dan penghargaan dalam kompetisi kopi spesialti internasional.

Selain Arabika dan Robusta, Indonesia juga menghasilkan kopi Liberika, meskipun kontribusinya terhadap produksi nasional relatif kecil. Secara global, Liberika menyumbang kurang dari 2 persen produksi kopi dunia. Kopi ini memiliki karakter rasa yang unik dengan nuansa *smoky* dan *woody* yang kuat, serta aroma yang khas. Liberika kurang populer di pasar arus utama karena profil rasanya yang tidak umum, namun tetap memiliki pasar spesifik dan unik (*niche*), terutama di beberapa negara Asia Tenggara. Di Indonesia, Liberika dikembangkan secara terbatas dan berpotensi dikembangkan sebagai produk diferensiasi untuk pasar khusus.

Jenis kopi lainnya yang juga dibudidayakan di Indonesia adalah *Excelsa*, yang secara botani masih berkerabat dengan Liberika. Kopi *Excelsa* dikenal memiliki karakter rasa yang kompleks, dengan kombinasi nuansa asam yang tajam dan aroma buah-buahan tropis. Meskipun volumenya relatif kecil, *Excelsa* sering dimanfaatkan dalam pencampuran untuk memperkaya profil rasa kopi dan memiliki potensi tersendiri dalam pengembangan kopi spesialti.

Selain keberagaman jenis, Indonesia juga memiliki keunggulan dalam pengembangan kopi spesialti yang unik dari sisi biologis maupun proses. Salah satu contoh paling dikenal adalah Kopi Luwak, yang dihasilkan melalui proses fermentasi alami di dalam sistem pencernaan musang (*Asian palm civet*). Kopi ini dikenal sebagai salah satu kopi termahal di dunia. Meskipun keberadaannya menuai kontroversi terkait isu kesejahteraan hewan, Kopi Luwak

tetap memiliki pasar tersendiri sebagai produk premium bagi kolektor dan penikmat kopi tertentu.

Secara umum, kualitas kopi Indonesia menunjukkan tren peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Penerapan sertifikasi Indikasi Geografis (IG) pada berbagai jenis kopi dari daerah tertentu telah berperan penting dalam melindungi reputasi, menjaga konsistensi mutu, dan meningkatkan nilai jual kopi Indonesia. Hingga saat ini, Indonesia telah memiliki lebih dari 54 jenis kopi yang terdaftar dengan sertifikat IG, dan jumlah tersebut terus bertambah. Sertifikasi ini menjadi instrumen strategis dalam proses premiumisasi produk kopi sekaligus memperkuat citra kopi Indonesia di pasar internasional.

G. Tantangan dan Peluang Pengembangan Industri Kopi Indonesia

1. Tantangan Struktural dan Tekanan Pasar Global

Meskipun memiliki potensi besar dan peran strategis dalam perekonomian nasional, industri kopi Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan mendasar yang bersifat struktural. Tantangan-tantangan ini berakar dari kondisi produksi di tingkat hulu dan secara langsung memengaruhi daya saing Indonesia di pasar global.

Salah satu persoalan utama adalah rendahnya produktivitas lahan kopi nasional. Dengan luas perkebunan sekitar 1,2 juta hektar, produktivitas kopi Indonesia rata-rata hanya mencapai 0,77 ton green bean per hektar per tahun. Angka ini masih jauh di bawah potensi optimal maupun capaian negara produsen utama lainnya. Rendahnya produktivitas ini tidak lepas dari usia tanaman kopi yang sudah tua, praktik budidaya yang masih

tradisional, serta keterbatasan akses petani terhadap teknologi dan input produksi yang memadai.

Masalah tersebut diperparah oleh struktur kepemilikan lahan yang didominasi petani kecil. Sebagian besar petani kopi Indonesia mengelola lahan kurang dari satu hektar, sehingga sulit mencapai skala ekonomi yang efisien. Kondisi ini membatasi kemampuan petani untuk berinvestasi pada peremajaan tanaman, teknologi pascapanen, serta sertifikasi mutu. Ketergantungan pada pedagang perantara juga masih tinggi, yang pada akhirnya membuat posisi tawar petani lemah dan harga yang diterima sering kali jauh dari harga pasar internasional.

Dari sisi kualitas, ketidakkonsistenan mutu kopi masih menjadi kendala serius. Penanganan pascapanen yang belum seragam, keterbatasan pengetahuan teknis, serta minimnya fasilitas pengolahan menyebabkan kualitas kopi bervariasi antar wilayah bahkan antar panen. Akibatnya, sebagian besar kopi Indonesia masih diekspor dalam bentuk biji mentah dengan nilai tambah yang rendah, sehingga peningkatan volume ekspor tidak selalu diikuti oleh kenaikan nilai ekspor yang signifikan.

Keterbatasan infrastruktur turut memperumit persoalan. Biaya logistik yang tinggi dan sistem distribusi yang belum efisien membuat rantai pasok kopi Indonesia menjadi mahal, terutama bagi petani di daerah terpencil. Kondisi ini menggerus margin keuntungan petani dan pelaku usaha di tingkat hulu. Tantangan struktural tersebut menjadi semakin kompleks ketika industri kopi Indonesia harus berhadapan dengan dinamika pasar global. Persaingan dengan negara produsen utama seperti Brazil dan Vietnam semakin ketat. Vietnam, misalnya, berhasil

meningkatkan produktivitas dan efisiensi secara agresif, sehingga mampu memperkuat posisinya di berbagai pasar ekspor utama. Dalam konteks ini, kelemahan struktural di dalam negeri membuat posisi Indonesia relatif lebih rentan.

Di sisi lain, pasar global juga tengah mengalami perubahan preferensi konsumen. Permintaan terhadap kopi spesialti, kopi organik, serta produk dengan sertifikasi keberlanjutan dan *fair trade* terus meningkat. Perubahan ini sebenarnya membuka peluang besar bagi kopi Indonesia yang kaya akan keragaman varietas dan karakter rasa. Namun, untuk memanfaatkan peluang tersebut, diperlukan peningkatan kualitas yang konsisten, penguatan sistem sertifikasi, serta strategi pemasaran yang lebih terintegrasi.

Selain itu, volatilitas harga kopi dunia yang dipengaruhi oleh perubahan iklim, cuaca ekstrem, dan dinamika pasar keuangan global turut menambah tekanan. Fluktuasi harga ini menciptakan ketidakpastian, terutama bagi petani kecil yang tidak memiliki kapasitas penyimpanan atau akses ke mekanisme lindung nilai. Secara keseluruhan, tantangan industri kopi Indonesia tidak dapat dipahami hanya sebagai persoalan pasar global semata, tetapi merupakan hasil interaksi antara kelemahan struktural domestik dan tekanan eksternal yang semakin kuat. Oleh karena itu, upaya meningkatkan daya saing kopi Indonesia memerlukan pendekatan yang menyeluruh, mulai dari perbaikan produktivitas dan kualitas di tingkat petani hingga penguatan posisi Indonesia dalam rantai nilai kopi global.

2. Peluang Pengembangan Industri Kopi Indonesia

Di balik berbagai tantangan struktural dan tekanan pasar global, industri kopi Indonesia sesungguhnya memiliki peluang pengembangan yang sangat besar, baik di pasar domestik maupun internasional. Perubahan preferensi konsumen, pertumbuhan kelas menengah, serta meningkatnya kesadaran terhadap kualitas dan keberlanjutan membuka ruang baru bagi kopi Indonesia untuk naik kelas dalam rantai nilai global (Aisyah et al., 2024).

Secara global, permintaan kopi terus menunjukkan tren peningkatan. Munculnya kelas menengah di negara-negara berkembang, disertai meningkatnya kesadaran konsumen terhadap kualitas produk dan isu keberlanjutan, mendorong pertumbuhan pasar kopi dunia dengan proyeksi sekitar 4,28 persen per tahun hingga 2028. Kondisi ini menciptakan peluang besar bagi negara produsen seperti Indonesia untuk memperluas pasar dan memperkuat posisinya dalam perdagangan internasional.

Salah satu peluang paling menjanjikan terletak pada pengembangan kopi spesialti dan kopi premium. Konsumen global semakin mencari kopi dengan karakter rasa yang unik, jejak asal yang jelas, serta kualitas yang konsisten. Kopi-kopi Indonesia seperti Gayo, Toraja, Mandheling, dan berbagai kopi dengan Indikasi Geografis memiliki modal yang kuat untuk bersaing di segmen ini. Pertumbuhan industri kedai kopi, baik di pasar global maupun domestik, juga membuka ruang bagi petani untuk mengembangkan kopi spesialti yang bernilai lebih tinggi dan tidak semata bergantung pada pasar ekspor massal.

Selain itu, peluang peningkatan nilai tambah melalui pengembangan industri hilir kopi masih sangat terbuka. Selama ini, sebagian besar ekspor kopi Indonesia masih berupa biji mentah, sehingga nilai tambah yang dinikmati relatif terbatas. Dengan mendorong integrasi vertikal, mulai dari pengolahan hingga produk akhir seperti kopi instan, kopi kapsul, kopi celup, dan minuman kopi siap saji (*ready-to-drink*), Indonesia berpotensi meningkatkan nilai ekspor, menciptakan lapangan kerja, serta memperkuat industri kopi nasional secara berkelanjutan.

Pasar domestik juga menyimpan potensi pertumbuhan yang sangat besar. Konsumsi kopi per kapita Indonesia yang masih berada di bawah 1 kilogram per tahun menunjukkan adanya ruang ekspansi yang luas. Peningkatan literasi konsumen mengenai kualitas kopi, inovasi produk, serta berkembangnya kedai kopi dengan konsep yang kreatif dapat mendorong pertumbuhan konsumsi dalam negeri. Pasar domestik yang kuat sekaligus dapat berfungsi sebagai penyangga ketika pasar ekspor mengalami tekanan.

Tren kopi organik dan kopi berkelanjutan juga menjadi peluang yang semakin relevan. Konsumen di negara-negara maju semakin peduli terhadap dampak lingkungan dan sosial dari produk yang mereka konsumsi. Kopi Indonesia yang diproduksi dengan praktik ramah lingkungan, adil bagi petani, dan bersertifikasi keberlanjutan berpotensi memperoleh premi harga yang lebih tinggi (Ilma et al., 2025). Hal ini sekaligus memperkuat citra kopi Indonesia di pasar global (Nopitriyani et al., 2023).

Di sisi produksi, investasi dalam teknologi dan inovasi menawarkan peluang peningkatan produktivitas dan kualitas. Pemanfaatan teknologi modern dalam budidaya, panen, dan penanganan pascapanen dapat meningkatkan efisiensi sekaligus konsistensi mutu (Rastuti et al., 2025). Inovasi produk, seperti pengembangan kopi fungsional, kopi dengan bahan herbal lokal, maupun diversifikasi produk berbasis kopi lainnya, juga membuka peluang terciptanya segmen pasar baru.

Terakhir, revitalisasi perkebunan kopi tua menjadi peluang strategis jangka panjang. Peremajaan tanaman dengan varietas unggul yang lebih produktif dan tahan terhadap penyakit dapat meningkatkan hasil per hektar secara signifikan. Upaya ini memerlukan dukungan kebijakan yang konsisten, ketersediaan bibit berkualitas, serta pendampingan petani agar transformasi sektor kopi dapat berjalan secara inklusif dan berkelanjutan.

H. Prospek dan Arah Pengembangan Industri Kopi Indonesia

Kopi bukan sekadar komoditas pertanian, tapi juga sebagai bagian dari sejarah panjang perdagangan global, sebuah tanaman yang berasal dari Ethiopia dan kemudian menyebar ke berbagai belahan dunia hingga menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari jutaan orang. Kopi juga mencerminkan dinamika ekonomi global, di mana fluktuasi harga di bursa internasional dapat berdampak langsung pada kesejahteraan petani kecil di daerah pegunungan Indonesia. Lebih dari itu, kopi adalah ekspresi budaya, yang diadopsi dan dimaknai secara berbeda oleh berbagai bangsa dan masyarakat.

Dalam konteks Indonesia, kopi memiliki signifikansi yang sangat strategis. Sebagai produsen kopi terbesar keempat di dunia dengan keragaman jenis kopi yang unik dan berkualitas tinggi, Indonesia memegang posisi penting dalam pasar kopi global. Kontribusi kopi terhadap perekonomian nasional tidak hanya tercermin dari perolehan devisa ekspor, tetapi juga dari perannya dalam menciptakan lapangan kerja dan menggerakkan perekonomian lokal di berbagai daerah penghasil kopi.

Ke depan, prospek industri kopi Indonesia tetap menjanjikan seiring dengan meningkatnya permintaan global dan nilai pasar kopi dunia. Namun, keberlanjutan dan keberhasilan industri ini sangat bergantung pada kemampuan Indonesia dalam menghadapi dan mengelola berbagai tantangan yang ada. Peningkatan produktivitas lahan, perbaikan kualitas kopi, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan preferensi konsumen dan dinamika pasar global menjadi prasyarat utama untuk mempertahankan daya saing.

Upaya memaksimalkan potensi kopi sebagai komoditas unggulan nasional dan global membutuhkan strategi yang komprehensif. Investasi dalam penelitian dan pengembangan, perbaikan infrastruktur, penguatan industri hilir, serta pemberdayaan petani rakyat perlu dilakukan secara konsisten dan berkelanjutan. Pengembangan kopi spesialti, kopi organik, dan produk olahan bernilai tambah tinggi merupakan peluang strategis yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan posisi Indonesia dalam rantai nilai kopi global.

Pada saat yang sama, aspek keberlanjutan tidak boleh diabaikan. Pelestarian lingkungan, adaptasi terhadap

perubahan iklim, dan peningkatan kesejahteraan petani harus menjadi bagian integral dari pembangunan industri kopi nasional. Tanpa perhatian terhadap aspek sosial dan lingkungan, pertumbuhan ekonomi yang dihasilkan berisiko tidak berkelanjutan.

Masa depan industri kopi Indonesia dapat dikatakan cerah. Dengan permintaan global yang terus meningkat, berkembangnya pasar kopi spesialti, serta pertumbuhan konsumsi domestik yang semakin kuat, Indonesia memiliki banyak alasan untuk optimis. Namun, optimisme tersebut harus diiringi dengan tindakan nyata dan kebijakan yang tepat agar tantangan yang ada dapat diubah menjadi peluang, serta memastikan bahwa pertumbuhan industri kopi Indonesia memberikan manfaat yang adil dan berkelanjutan bagi seluruh pemangku kepentingan, terutama para petani kopi yang selama ini menjadi tulang punggung industri ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, D. N., Martanto, & Indriawan, R. (2024). Peluang Industri Pertanian Komoditas Kopi (Coffee) di Kecamatan Seponti Kabupaten Kayong Utara Desa Sungai Sepeti. *LIPIDA: Jurnal Teknologi Pangan Dan Agroindustri Perkebunan*, *4*(2), 60–67. https://jurnal.politap.ac.id/index.php/lipida

Azis, M. N. I., Badriza, K., Aziz, Siddik, S., & Wiratri, A. (2022). Arabs in Manado: Network, Capitalism and Identity in the Early Twentieth Century. *Jurnal Lektur Keagamaan*, *20*(1), 59–88. https://doi.org/10.31291/jlka.v20.i2.1015

Hati, R. K., Qeis, W., & Firmansyah, I. W. (2025). Kopi sebagai Komoditas Ekonomi: Pengaruh Ekspor, Harga Global, dan Inflasi terhadap PDB Nasional. *Jurnal Kajian Ekonomi & Keuangan Daerah*, *10*(2), 144–158.

Ilma, F., Negara, L. S., Purnama, W. R., & Nurbaty, L. A. (2025). Dampak Sertifikasi Fairtrade terhadap Keberlanjutan Produksi Kopi Arabika (Coffea Arabica SP) pada Aspek Sosial di Kabupaten Aceh Tengah Provinsi Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Dan Perikanan*, *8*, 224–234. https://doi.org/10.30595/pspfs.v8i.1499

Mustafa, H. R., & Utami, S. (2022). Dari Ekspansi hingga Eksploitasi: Perkembangan Perkebunan Swasta Barat di Way Lima Lampung 1800-1932. *Al-Isnad: Journal of Islamic Civilization History and Humanities*, *3*(2), 53–67. https://doi.org/10.22515/isnad.v3i2.5627

Nopitriyani, S., Putri, M. T., Fauziyyah, N. W., & Prasaja, D. (2023). Analisis Kopi Organik Indonesia di Pasar

Amerika Serikat. *Jurnal Economina*, *2*(12), 3593–3601. https://doi.org/10.55681/economina.v2i12.1044

Nugroho, S., Maulana, R. A., Pusparani, A. M., & Wati, D. W. (2025). Peramalan Produksi, Volume Ekspor dan Nilai Ekspor Kopi Indonesia Tahun 2025-2035. *Jago Tolis: Jurnal Agrokompleks Tolis*, *5*(2), 178–185. https://doi.org/10.56630/jago.v5i2.764

Paitung, R. V. P., Saleh, M. Y., & Said, M. (2025). Pengaruh Harga, Volume Produksi dan Kualitas Ekspor terhadap Daya Saing Kopi Toraja Pada PT Toarco Jaya. *Journal of Economy Business Development*, *3*(1), 118–126. https://doi.org/10.56326/jebd.v3i1.2669

Pratiwi, M. A., Bachtiar, A., Asmara, K., & Suharsa, M. (2024). Pengaruh Nilai Tukar Rupiah dan Harga Kopi Internasional terhadap Nilai Ekspor Kopi Indonesia Tahun 2001-2021. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *10*(18), 644–655. https://doi.org/10.5281/zenodo.13937837

Puspita, N., Sukardi, & Fansyuri, M. (2020). Perkembangan Kopi Semende Kurun Waktu 1919-2019 sebuah Tinjauan Studi Masyarakat sebagai Sumber Pembelajaran Sejarah di SMA Negeri 1 Lahat. *Kalpataru: Jurnal Sejarah Dan Pembelajaran Sejarah*, *6*(1), 18–24.

Rahmawati, T. W., Santoso, S. I., & Nurfadillah, S. (2024). Analisis Trend Luas Lahan dan Produksi Kopi di Indonesia. *AGROMEDIA*, *42*(2), 145–153.

Rastuti, U., Sutarmin, Purwanto, Pratiwi, U., Saputra, D., Pratama, B., & Agustin, R. (2025). Inovasi Primer dalam Agribisnis Kopi Robusta untuk meningkatkan Produk Unggulan Daerah Kabupaten Brebes. *Jurnal*

Pengabdian Masyarakat Bangsa, *3*(1), 135–142. https://jurnalpengabdianmasyarakatbangsa.com/index.php/jpmba/index

Revindo, M. D., Siregar, C. H., & Yuliana, T. (2024). Harga Biji Kopi Fluktuatif: Usaha Roastery dan Coffee Shop Antisipatif. In *Pusat Kajian Iklim Usaha dan Rantai Nilai Global LPEM FEB UI*.

Silaban, K. A., Kusa, M. A. A., Sinaga, J., & Sinaga, R. (2024). Peran Bangsa Arab dalam Perdagangan Antar Benua: Pengaruh dan Jejak Sejarah di Indonesia. *AR RUMMAN - Journal of Education and Learning Evaluation*, *1*(2), 188–192.

Suwali, Putranto, A. H., Panunggul, V. B., Kinding, D. P. N., & Novianti, F. (2022). Analisis Kontribusi Ekspor Kopi terhadap PDB Sektor Perkebunan di Indonesia. *PJEB: Perwira Journal of Economy & Business*, *2*(2), 32–41.

Syahputra, A. B., & Sudrajat. (2023). Kebijakan Kolonial Belanda dan Pengaruhnya terhadap Komoditas Lada dan Kopi di Lampung awal Abad ke-19. *PATTINGALLOANG: Jurnal Pemikiran Pendidikan Dan Penelitian Kesejarahan*, *10*(2), 170–180. https://ojs.unm.ac.id/pattingalloang

BAB 2
TAKSONOMI DAN BOTANI KOPI: SPESIES, VARIETAS, DAN KERAGAMAN GENETIK

Oleh Dr. Dani, S.P., M.Sc.

A. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian paling penting di dunia, dengan produksi global mencapai lebih dari 170 juta kantong per tahun dan menjadi sumber mata pencaharian bagi lebih dari 25 juta rumah tangga petani (FAO, 2023). Secara botani, kopi termasuk dalam genus *Coffea* (famili *Rubiaceae*) yang memiliki keragaman spesies tinggi dan distribusi geografis luas, terutama di kawasan Afrika tropis dan Madagaskar (Davis et al., 2019).

Di antara lebih dari 100 spesies *Coffea* yang telah dideskripsikan, hanya beberapa spesies yang dibudidayakan secara komersial, terutama *C. arabica* L., *C. canephora* Pierre ex A.Froehner, dan *C. liberica* Hiern. Perbedaan karakter botani, fisiologi, dan genetik antarspesies ini berimplikasi langsung terhadap adaptasi lingkungan, kualitas biji, dan respons terhadap cekaman biotik maupun abiotik (Davis et al., 2019) .

Secara taksonomis, genus *Coffea* menjadi kompleks karena banyaknya spesies liar yang terdeskripsikan dan perbedaan karakter morfologi serta letak geografisnya. Hal

ini menimbulkan tantangan dalam konsistensi klasifikasi botani tradisional, dan memerlukan pendekatan modern yang menggabungkan data genetik, fisiologi, serta informasi ekologis (Charrier dan Berthaud, 1985).

Kajian mengenai taksonomi dan botani kopi menjadi semakin penting seiring meningkatnya ancaman perubahan iklim, erosi genetik, dan degradasi habitat alami kopi liar. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan menyajikan tinjauan komprehensif mengenai taksonomi, karakter botani, varietas, dan keragaman genetik kopi sebagai dasar ilmiah pengembangan sistem produksi kopi yang berkelanjutan (Damatta et al., 2018).

Pemahaman terhadap keragaman genetik di dalam dan antar spesies kopi memiliki implikasi penting untuk konservasi sumber daya genetik, program pemuliaan, serta adaptasi terhadap tantangan lingkungan seperti perubahan iklim, serangan hama, dan penyakit. Variasi genetik juga terjadi pada tingkat varietas atau kultivar dalam spesies contohnya beragam varietas *C. arabica* yang dibudidayakan di berbagai agroekosistem dengan karakter rasa dan ketahanan berbeda (Abdelwahab et al., 2024).

B. Taksonomi Kopi

Hingga saat ini telah dilaporkan terdapat lebih dari 100 spesies kerabat tanaman kopi yang telah berhasil diidentifikasi (Lachenmeier, 2023). Secara taksonomi tanaman kopi tergolong ke dalam Genus *Coffea*. Klasifikasi lengkap tanaman kopi adalah sebagai berikut:

- Kingdom: Plantae
- Divisi: Magnoliophyta

- Kelas: Magnoliopsida
- Ordo: Gentianales
- Famili: *Rubiaceae*
- Genus: *Coffea* L.
- Spesies: *Coffea arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*,.....dst.

Studi filogenetik berbasis marker nuklir dan kloroplas menunjukkan bahwa genus *Coffea* berevolusi di Afrika tropis dan Madagaskar dengan tingkat spesiasi tinggi akibat isolasi geografis dan adaptasi ekologi. Madagaskar kemudian menjadi salah satu pusat endemisme *Coffea*, menyumbang hampir setengah dari jumlah total spesies kopi yang telah teridentifikasi di seluruh belahan dunia (Davis dan Rakotonasolo, 2021). Sebagian besar spesies kopi endemik di antaranya termasuk dalam kategori terancam punah (Guyot, Gonzalez dan Bezandry, 2024)

Dari 124 spesies kopi, *C. arabica* diyakini muncul paling belakangan (Salojärvi *et al.*, 2024). Bukti filogenetik menunjukkan bahwa *C. arabica* muncul sebagai hasil hibridisasi antara *C. canephora* dan *C. eugenioides* di hutan Ethiopia ribuan tahun lalu, yang memberikan wawasan tentang sejarah domestikasi serta keterbatasan keragaman genetik pada populasi kopi Arabika modern. Keragaman genetik yang rendah pada Arabika ini menjadi perhatian utama dalam konteks ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik dan abiotik (Anthony et al., 2002).

C. Botani Tanaman Kopi

Secara botani, kopi termasuk ke dalam famili *Rubiaceae*. Famili *Rubiaceae* dikenal memiliki keragaman morfologi yang luas, dengan ciri utama berupa daun berhadapan,

stipula interpetiolar, dan bunga berkelamin ganda (Robbrecht & Manen, 2006).

Morfologi Vegetatif

Tanaman kopi pada umumnya berupa perdu atau pohon kecil dengan tinggi 2–8 m tergantung spesies dan sistem budidaya. Kopi jenis liberika bahkan berupa pohon yang dapat tumbuh hingga 18 m (Gibson dan Newsham, 2018). Akar kopi bertipe tunggang dengan sistem perakaran lateral yang berkembang baik pada lapisan tanah atas. Percabangan kopi terbagi menjadi dua tipe, yaitu ortotrop (vertikal) dan plagiotrop (menyamping) yang membentuk arsitektur tajuk khas (Cannell, 1985). Struktur percabangan tanaman kopi yang bersifat dimorfik tersebut memengaruhi orientasi daunnya (Sakiyama et al., 2017).

Daun kopi berbentuk elips hingga lanset, berwarna hijau mengilap, dengan tulang daun menyirip dan tepi daun bergelombang ringan. Variasi ukuran dan ketebalan daun sering digunakan sebagai karakter pembeda antar spesies dan varietas (Anthony dan Dussert, 1996). Daun tersusun dalam pola berhadapan bersilang yang jelas pada ruas batang dan cabang ortotrop. Pada cabang plagitrop, pasangan daun cenderung memutar sehingga terletak pada satu bidang datar (distrik). Hal ini merupakan adaptasi untuk efisiensi fotosintesis di bawah naungan tajuk utama (Sakiyama et al., 2017).

Morfologi Generatif

Bunga kopi muncul pada ketiak daun, berwarna putih, beraroma harum, dan bersifat hermafrodit. Bunga ini bersifat aktinomorfik (simetri radial) dan memiliki organ reproduksi lengkap. Arabika bersifat *self-fertile* (dapat

menyerbuk sendiri), sementara Robusta memerlukan penyerbukan silang. Buah kopi bertipe drupe, dikenal sebagai "ceri kopi", yang terdiri atas eksokarp, mesokarp, endokarp, dan biji (endosperma). Biji kopi umumnya berjumlah dua per buah, meskipun biji tunggal (*peaberry*) juga ditemukan.

D. Spesies Kopi Penting secara Ekonomi

Meskipun di dalam genus *Coffea* terdapat ratusan spesies, hanya beberapa di antaranya yang dikembangkan secara komersial, terutama *Coffea arabica* (Arabika), *Coffea canephora* (Robusta), dan *Coffea liberica* (Liberika).

Coffea arabica L.

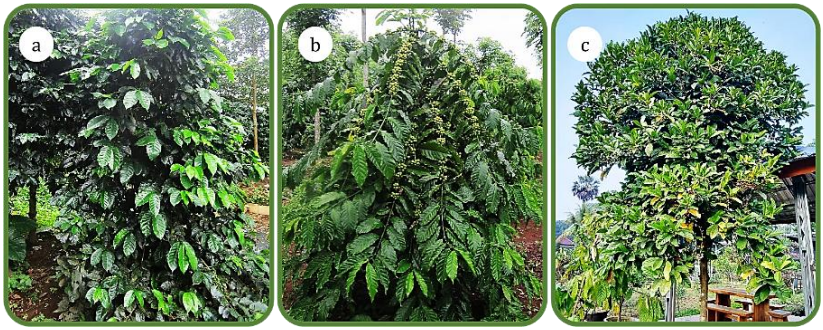
C. arabica merupakan spesies allotetraploid (2n = 4x = 44) yang berasal dari hibridisasi alami antara *C. canephora* dan *C. eugenioides*. Spesies ini menyumbang sekitar 55–60% produksi kopi dunia dan dikenal memiliki kualitas sensoris terbaik (Scalabrin et al., 2020).

Coffea canephora Pierre ex A.Froehner

Dikenal sebagai kopi Robusta, *C. canephora* bersifat diploid (2n = 22), toleran terhadap suhu tinggi dan penyakit karat daun. Keragaman genetiknya relatif tinggi, menjadikannya sumber gen penting dalam program pemuliaan (Montagnon et al., 2021).

Coffea liberica Hiern

C. liberica memiliki ukuran pohon dan buah lebih besar, toleran terhadap kondisi marginal, namun kurang populer secara komersial. Spesies ini mulai mendapat perhatian kembali sebagai sumber gen adaptif terhadap perubahan iklim.



Gambar 2. 1 Penampilan habitus tiga spesies kopi yang dibudidayakan: a. Kopi Arabia, b. Kopi Robusta, dan c. Kopi Liberika

Kopi Liberika pada awalnya dipercaya memiliki dua varietas botani, yaitu *C. liberica* var *liberica* (kopi Liberika) dan *C. liberica* var *dewevrei* (kopi *Excelsa*). Namun, hasil analisis genomik, fenomik, dan geografik terbaru membuktikan bahwa keduanya lebih cocok sebagai dua spesies yang terpisah (Davis et al., 2025).

Berikut adalah tabel perbandingan karakter morfologi kopi Arabika, Robusta, dan Liberika:

Tabel 2. 1 Perbandingan Karakteristik Morfologi

Karakteristik	Kopi Arabika	Kopi Robusta	Kopi Liberika
Nama Ilmiah	*Coffea arabica*	*Coffea canephora*	*Coffea liberica*
Asal	Ethiopia (terutama)	Afrika Barat dan Tengah, sebagian Asia Tenggara	Afrika Barat (Liberia)
Tinggi Tanaman	1.5–2 meter	4–5 meter	6–10 meter

Daun	Lebih tipis, panjang, berwarna hijau gelap	Lebih tebal dan kasar, hijau terang	Lebih besar dan lebar, hijau terang
Bentuk Buah	Bulat, panjang, berwarna merah cerah saat matang	Lebih kecil, bulat, berwarna merah gelap saat matang	Lebih besar dan lonjong, berwarna lebih cerah
Ukuran Biji	Lebih besar, bentuk lebih oval	Lebih kecil dan bulat	Lebih besar, sedikit lebih lonjong
Cita Rasa	Lebih halus, asam, dengan rasa buah atau bunga	Lebih pahit, keras, dan memiliki rasa yang lebih kuat	Lebih berat dan penuh, terkadang dengan aroma yang khas
Kandungan Kafein	1.2–1.5%	2.2–2.7%	1.5–2.0%
Kadar Asam	Tinggi, memberikan rasa segar dan fruity	Rendah, lebih flat dan berat	Sedang, dengan rasa sedikit manis
Penyebaran Geografis	Ditanam di wilayah pegunungan tinggi	Ditanam di dataran rendah atau dataran tinggi	Ditanam di daerah tropis dengan ketinggian rendah hingga menengah
Ketahanan terhadap Hama	Rentan terhadap hama dan penyakit	Lebih tahan terhadap hama dan penyakit	Tahan terhadap beberapa jenis hama dan penyakit

E. Varietas dan Kultivar Kopi

Secara botani, varietas adalah peringkat taksonomi di bawah spesies yang menunjukkan penampilan khas namun masih dapat bersilang secara bebas dengan varietas lain dalam spesies yang sama. Dalam Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman (PVT), definisi varietas adalah sekelompok tanaman yang ditandai oleh bentuk, pertumbuhan, daun, bunga, buah, biji, serta ekspresi karakteristik genotipe yang membedakannya dari jenis yang sama oleh setidaknya satu sifat penentu dan tidak berubah saat diperbanyak.

Varietas Tradisional Arabika

Varietas seperti Typica, Bourbon, dan heirloom Ethiopia merupakan dasar genetika banyak kultivar modern. Varietas ini memiliki keragaman morfologi dan mutu cita rasa yang tinggi namun umumnya rentan terhadap penyakit (Berthaud & Charrier, 2018). Typica adalah varietas tertua yang dibawa oleh Belanda (VOC) ke Indonesia pada akhir abad ke-17. Typica dikenal memiliki pohon yang tinggi namun dengan hasil panen (*yield*) yang relatif rendah dibandingkan varietas modern. Kopi ini juga sangat rentan terhadap penyakit Karat Daun (*Hemileia vastatrix*). Hal inilah yang menyebabkan populasi Typica sempat hancur pada akhir 1800-an. Saat ini tipe Typica sudah sangat jarang dikembangkan petani karena sudah digantikan dengan varietas-varietas modern (Hulupi, 2014).

Varietas Unggul dan Hibrida

Pengembangan varietas seperti Catimor, Sarchimor, dan F1 hybrids (misalnya Starmaya) bertujuan menggabungkan

produktivitas tinggi, ketahanan penyakit, dan kualitas biji yang baik (Etienne et al., 2018). Beberapa varietas baru yang dikembangkan di Indonesia berasal dari garis keturunan Catimor dengan ciri perawakan pendek (katai).

F. Keragaman Genetik Kopi

Keragaman Intraspesifik

Keragaman genetik *C. arabica* relatif sempit akibat peristiwa *bottleneck* domestikasi, sedangkan *C. canephora* menunjukkan variasi genetik yang lebih luas (Merot-L'Anthoëne et al., 2019).

Pendekatan Molekuler

Studi keragaman genetik kopi telah menggunakan berbagai marker molekuler, termasuk RAPD, AFLP, SSR, SNP, dan sekuensing genom utuh. Pendekatan genomik memungkinkan identifikasi alel adaptif terhadap cekaman lingkungan (Combes et al., 2020). Melalui analisis genomik, morfologi, dan distribusi geografis, penelitian ini mendemonstrasikan bahwa *C. liberica* sebaiknya dipisahkan menjadi tiga spesies berbeda: *C. liberica* (Liberica), *C. dewevrei* (*Excelsa*), dan *C. klainei*. Spesies-spesies tersebut ternyata memiliki garis keturunan evolusi yang terpisah, yang sebelumnya tidak dapat dipisahkan secara jelas. Dengan menggunakan kit Angiospermae untuk menangkap data genomik dari 55 aksesi, diketahui bahwa *C. liberica*, *C. dewevrei*, dan *C. klainei* memiliki perbedaan signifikan dalam hal genetik dan morfologi (Davis et al., 2025).

Analisis filogenetik dan SNP menunjukkan bahwa tiga spesies ini membentuk kelompok monofiletik yang

terpisah. *C. liberica* ditemukan di Afrika Barat, *C. dewevrei* di Afrika Tengah, dan *C. klainei* di Afrika Barat-Tengah. Analisis distribusi ini mendukung pemisahan geografis dan evolusioner antara ketiga spesies tersebut (Davis et al., 2025).

Pemisahan spesies ini membuka peluang untuk pengembangan varietas kopi yang lebih tahan terhadap perubahan iklim, serta dapat meningkatkan keberagaman genetik dalam program pemuliaan kopi. *C. dewevrei* menunjukkan potensi lebih baik dalam hal ketahanan terhadap kondisi kering, sedangkan *C. liberica* lebih cocok untuk lingkungan dengan variasi musim yang lebih ekstrem (Davis et al., 2025). Dengan pemisahan ini, status konservasi untuk *C. liberica* perlu diperbarui, dengan kemungkinan spesies ini dipertimbangkan lebih terancam punah, terutama akibat hilangnya habitat alami di negara-negara asalnya. Sementara itu, *C. dewevrei* lebih tersebar luas dan mungkin tidak menghadapi ancaman serupa (Davis et al., 2025).

G. Implikasi terhadap Pemuliaan dan Konservasi

Keragaman genetik kopi liar menjadi sumber gen penting untuk ketahanan terhadap perubahan iklim, hama, dan penyakit. Konservasi *in situ* dan *ex situ* sumber daya genetik kopi menjadi strategi krusial untuk keberlanjutan industri kopi global (Davis et al., 2021).

H. Tantangan dan Arah Penelitian Masa Depan

Tantangan utama meliputi erosi genetik, perubahan iklim, dan keterbatasan eksplorasi spesies kopi liar. Integrasi

pendekatan taksonomi klasik dengan genomik modern menjadi arah penelitian strategis di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelwahab, S.I. et al. (2024) "Coffee arabica research (1932–2023): Performance, thematic evolution and mapping, global landscape, and emerging trends," *Heliyon*. Elsevier Ltd. Available at: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36137.

Anthony, F. et al. (2002) "The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers," *Theor.. Appl.. Genet.*, 104(5), pp. 894–900. Available at: https://doi.org/10.1007/s00122-001-0798-8.

Charrier, A. and Berthaud, J. (1985) "Botanical Classification of Coffee," in M.N. Clifford and K.C. Willson (eds.) *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, pp. 13–47. Available at: https://doi.org/10.1039/9781782622437.

Damatta, F.M. et al. (2018) "Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society, pp. 5264–5274. Available at: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537.

Davis, A.P. et al. (2019) "High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability," *Science Advances*, 5(1), p. eaav3473. Available at: https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3473.

Davis, A.P. et al. (2025) "Genomic data define species delimitation in Liberica coffee with implications for crop development and conservation," *Nature Plants*, 11(9), pp. 1729–1738. Available at: https://doi.org/10.1038/s41477-025-02073-y.

Gibson, M. and Newsham, P. (2018) "Tea and Coffee," *Food Science and the Culinary Arts*. Elsevier, pp. 353–372. Available at: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811816-0.00018-x.

Lachenmeier, D.W. (2023) "Identification of Coffee Species, Varieties, Origins, and Processing and Preparation Methods—A Status Report," in S. Schwarz (ed.) *Proceedings*. MDPI AG, p. 9. Available at: https://doi.org/10.3390/icc2023-14824.

BAB 3
FISIOLOGI TANAMAN KOPI: PERTUMBUHAN, PERKEMBANGAN, DAN FAKTOR LINGKUNGAN

Oleh Jeefry Andrian, S.P., M.Si.

A. Pendahuluan

Kopi adalah komoditas perdagangan global yang sangat penting, menopang jutaan kehidupan di negara-negara berkembang (DaMatta et al., 2018). Untuk memastikan produksi kopi yang berkelanjutan, pemahaman mendalam tentang fisiologi pertumbuhan, perkembangan, dan respons tanaman terhadap berbagai faktor lingkungan sangatlah esensial (Borgo et al., 2024).

Iklim tidak hanya memengaruhi pertumbuhan tanaman, tetapi juga berkorelasi signifikan dengan produktivitas dan citarasa kopi (Widiyani dan Hartono, 2021). Suhu, curah hujan, kelembaban, nutrisi tanah, dan intensitas cahaya merupakan beberapa faktor lingkungan yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman kopi (Septiani dan Kawuryan, 2021). Variabilitas dan perubahan iklim menjadi tantangan serius bagi produksi kopi, menyebabkan fluktuasi suhu dan pola curah hujan yang tidak menentu (Ramadhillah dan Masjud, 2024; Septiani dan Kawuryan, 2021). Kondisi ini dapat memengaruhi produktivitas tanaman kopi melalui cekaman

panas, erosi tanah akibat curah hujan tinggi, degradasi lahan, dan peningkatan serangan hama dan penyakit (Angka, 2021; Ramadhillah dan Masjud, 2024). Misalnya, suhu yang lebih rendah di ketinggian dapat memperlambat pematangan buah kopi, menghasilkan biji yang lebih sempurna dan berisi (Andriyani dan Ubaidillah, 2022; Hatiningsih et al., 2022). Pemahaman tentang respons fisiologis tanaman kopi terhadap cekaman biotik dan abiotik sangat penting untuk mengembangkan strategi adaptasi dan mitigasi yang efektif. Oleh karena itu, bab ini akan mengeksplorasi secara mendalam fisiologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi serta bagaimana faktor-faktor lingkungan, termasuk perubahan iklim, memengaruhi produktivitas dan kualitasnya.

B. Pertumbuhan Tanaman Kopi

Pertumbuhan tanaman kopi mencakup perkembangan batang, tunas, daun dan akar. Pertumbuhan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor genetik, iklim, dan nutrisi (Burgos et al., 2024). Pertumbuhan tanaman kopi merupakan proses fisiologis kompleks yang dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik intrinsik dan kondisi lingkungan eksternal. Kopi terutama spesies *Coffea arabica* dan *C. Canephora* merupakan komoditas pertanian global yang vital, dan pemahaman mendalam tentang fisiologinya sangat penting untuk optimalisasi produksi (DaMatta et al., 2007).

Tanaman kopi memiliki pola pertumbuhan vegetatif dan reproduktif yang saling bersaing seperti peningkatan beban buah (*fruit load*) secara negatif berkorelasi dengan pertumbuhan tunas vegetatif. Hal ini memengaruhi pertumbuhan cabang, rasio luas daun terhadap buah, dan pembentukan daun, yang pada akhirnya dapat mengubah

pola produksi di masa mendatang (León-Burgos et al., 2024).

Faktor lingkungan memiliki peran krusial dalam setiap tahapan fenologis kopi, baik pertumbuhan vegetatif maupun reproduktif (Freitas et al., 2024). Suhu, curah hujan, radiasi matahari, paparan cahaya, ketinggian, cekaman air, dan ketersediaan nutrisi merupakan elemen lingkungan utama yang membentuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi (Ahmed et al., 2021; Freitas et al., 2024; Molina et al., 2025). Sebagai contoh, ketinggian yang lebih tinggi seringkali diasosiasikan dengan peningkatan atribut sensorik kopi, sementara paparan cahaya yang berlebihan dapat menurunkan kualitasnya (Ahmed et al., 2021). Kepekaan kopi terhadap perubahan iklim membuatnya rentan, dengan variabilitas iklim yang memengaruhi siklus produksi, perkembangan fenologis, dan pertumbuhan vegetatif (Molina et al., 2025). Tanaman kopi menunjukkan kemampuan adaptasi terhadap modifikasi lingkungan melalui perubahan morfologis, biokimia, dan fisiologis (Pereira et al., 2007).

1. Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif

Tanaman kopi merupakan spesies tanaman C3 dan menjalani dua fase pertumbuhan utama yang saling terkait. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor intrinsik dan ekstrinsik seperti pertumbuhan vegetatif dan pertumbuhan generatif (DaMatta et al., 2007; León-Burgos et al., 2024). Pertumbuhan vegetatif melibatkan pengembangan struktur non-reproduktif seperti akar, batang, cabang, dan daun, yang krusial untuk fotosintesis dan akumulasi biomassa (DaMatta et al., 2007).

Pertumbuhan vegetatif yang seimbang, termasuk perkembangan tunas dan akar, sangat penting, bahkan pada tahap bibit, seringkali membutuhkan kondisi mikro lingkungan seperti naungan untuk mencapai keseimbangan pertumbuhan yang optimal (Kufa, 2015). Sebaliknya, pertumbuhan generatif berfokus pada organ reproduktif yang mengarah pada pembentukan bunga dan buah kopi. Pembungaan kopi memiliki pola gregarious, yang berarti antesis (mekarnya bunga) terjadi secara serentak dalam lokasi geografis tertentu, namun jumlah kejadian pembungaan dapat bervariasi tergantung pada saat kekeringan dan curah hujan (López et al., 2024).

Terdapat korelasi negatif yang kuat antara pertumbuhan organ reproduktif, khususnya buah, dan pertumbuhan tunas vegetatif (León-Burgos et al., 2024). Peningkatan beban buah (*fruit load*) dapat secara signifikan memengaruhi periodisitas atau besarnya pertumbuhan tanaman vegetatif (León-Burgos et al., 2024). Pada tanaman kopi dengan beban buah yang tinggi, pertumbuhan cabang, rasio luas daun terhadap buah, dan pembentukan daun akan terpengaruh, sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif dalam siklus produksi tahunan dan mengubah pola produksi di masa mendatang (León-Burgos et al., 2024). Fenomena ini dikenal sebagai kompetisi antara pertumbuhan vegetatif dan reproduktif, yang dapat menyebabkan kematian cabang (*branch die-back*) jika keseimbangan tidak terjaga (DaMatta et al., 2007). Oleh karena itu, pengelolaan yang tepat diperlukan untuk menyeimbangkan kedua jenis pertumbuhan ini guna memastikan produktivitas jangka panjang dan kualitas hasil kopi (Cannell, 1985).

2. Pengaruh beban buah pada pertumbuhan

Peningkatan beban buah dapat memengaruhi periodisitas atau besarnya pertumbuhan vegetatif. Pada tanaman kopi dengan beban buah tinggi, pertumbuhan cabang, rasio luas daun-terhadap-buah, dan pembentukan daun dapat terhambat, yang pada gilirannya dapat mengubah pola produksi di masa depan (León-Burgos et al., 2024).

Beban buah (*fruit load*) memiliki pengaruh yang signifikan dan seringkali berkorelasi negatif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kopi. Kopi merupakan spesies perennial C3, di mana keseimbangan antara pertumbuhan organ reproduktif (buah) dan pertumbuhan tunas vegetatif sangatlah krusial. Peningkatan beban buah secara langsung memengaruhi periodisitas atau besarnya pertumbuhan vegetatif tanaman (León-Burgos et al., 2024). Hal ini berarti, seiring dengan bertambahnya jumlah buah yang ditopang oleh tanaman, pertumbuhan bagian vegetatif seperti cabang, daun, dan tunas baru cenderung akan terhambat.

Kompetisi antara pertumbuhan vegetatif dan generatif ini dapat memicu fenomena *branch die-back* (kematian cabang) dan pola produksi dua tahunan (*biennial bearing*) yang khas pada tanaman kopi (Chaves et al., 2011; DaMatta et al., 2007). Kematian cabang seringkali meningkat seiring dengan penurunan rasio daun-buah, dan hal ini tidak terkait erat dengan perubahan karbohidrat atau mineral (Chaves et al., 2011). Oleh karena itu, pengelolaan beban buah yang efektif menjadi sangat penting untuk memastikan produktivitas jangka panjang, kesehatan tanaman, serta kualitas biji kopi. Strategi seperti pemangkasan dapat dilakukan untuk mengelola arsitektur

kanopi dan meningkatkan produktivitas (Morais et al., 2011), namun tetap harus mempertimbangkan keseimbangan fisiologis ini.

C. Perkembangan Tanaman Kopi

Perkembangan tanaman kopi melibatkan serangkaian proses dari pembungaan hingga pematangan buah, yang semuanya penting untuk kualitas dan kuantitas hasil panen. Perkembangan tanaman kopi merujuk pada serangkaian perubahan morfologis dan fisiologis yang dialami tanaman sepanjang siklus hidupnya, mulai dari perkecambahan biji hingga produksi buah yang matang. Proses ini sangat dipengaruhi oleh interaksi genetik dan lingkungan, terutama faktor iklim (DaMatta et al., 2007; Molina et al., 2025).

Siklus perkembangan kopi melibatkan tahapan fenologis yang jelas. Setelah pembungaan, buah kopi (*cherry*) mulai berkembang. Perkembangan buah *Coffea arabica* L. dapat mencapai maksimum antara 220 hingga 240 hari setelah antesis (mekarnya bunga), dengan perubahan warna dari hijau menjadi kuning atau merah, tergantung genotipe (Osorio et al., 2023). Buah terdiri dari perikarp yang berkembang baik dengan tiga jaringan khas: eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Endosperm, bagian utama biji kopi, sebagian besar tersusun dari sel penyimpanan parenkim yang mengumpulkan bahan di sitoplasma dan dinding sel (Osorio et al., 2023). Kandungan air dalam buah kopi akan menurun seiring dengan peningkatan akumulasi bahan kering dalam biji selama pematangan (Osorio et al., 2023).

1. Sinkronisasi Pembungaan

Sinkronisasi pembungaan merupakan aspek penting dalam perkembangan kopi. Proses ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan memiliki implikasi langsung pada pembentukan buah (DaMatta et al., 2007). Sinkronisasi pembungaan pada tanaman kopi merujuk pada fenomena di mana antesis (mekarnya bunga) terjadi secara serentak dalam suatu lokasi geografis tertentu. Pola pembungaan kopi diklasifikasikan sebagai *gregarious*, namun jumlah kejadian pembungaan dapat bervariasi tergantung pada masa kekeringan dan curah hujan (López et al., 2024). Pembungaan yang tersinkronisasi sangat penting karena pembungaan yang tidak seragam dapat menyebabkan perkembangan buah yang tidak merata dan pematangan buah yang tidak sinkron saat panen, yang pada akhirnya dapat menurunkan hasil dan kualitas kopi (López et al., 2024; Nguyen et al., 2024).

Proses sinkronisasi pembungaan kopi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama ketersediaan air. Pada umumnya, inisiasi pembungaan terjadi setelah periode dingin dan kering (Noman et al., 2025). Kuncinya adalah adanya periode cekaman air atau kekeringan yang diikuti oleh rehidrasi, biasanya melalui curah hujan atau irigasi (Lima et al., 2020; Noman et al., 2025). Cekaman air menyebabkan tunas bunga masuk ke dalam dormansi atau keadaan laten (Lima et al., 2020). Kemudian, pasokan air yang memadai setelah periode kering ini memicu pecahnya dormansi tunas bunga dan mendorong pembukaan bunga secara serentak (Lara-Estrada et al., 2023; Masarirambi et al., 2009). Mekanisme ini memastikan bahwa sebagian besar bunga mekar dalam waktu yang berdekatan,

menghasilkan panen yang lebih seragam dan efisien (Miranda et al., 2020).

2. Pembentukan Buah dan Kualitas Kopi

Setelah pembungaan, terjadi perkembangan buah. Kualitas biji kopi, yang merupakan tujuan akhir produksi, dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pengelolaan tanaman (DaMatta et al., 2007, Ahmed et al., 2021). Pembentukan buah kopi adalah proses krusial yang secara langsung memengaruhi kualitas akhir biji kopi. Buah *Coffea arabica* L. adalah drupoid yang mencapai perkembangan maksimal antara 220 hingga 240 hari setelah antesis, berawal dari warna hijau dan kemudian berkembang menjadi kuning atau merah tergantung pada genotipe (Osorio et al., 2023). Buah kopi terdiri dari perikarp yang berkembang baik dengan tiga jaringan khas: eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Endosperm, yang merupakan bagian utama biji kopi, sebagian besar tersusun dari sel penyimpanan parenkim yang mengumpulkan bahan di sitoplasma dan dinding sel (Osorio et al., 2023). Pembentukan buah yang optimal sangat tergantung pada faktor genetik dan lingkungan, seperti suhu, yang merupakan pendorong utama kualitas dan biokimia biji kopi (Getachew et al., 2022).

Kualitas seduhan kopi sangat ditentukan oleh jenis dan varietas biji *green bean* yang dipilih serta durasi pemanggangan yang dilakukan. Namun, kualitas biji *green bean* itu sendiri berhubungan langsung dengan komposisi biokimianya, yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan selama pembentukan buah (Hall et al., 2021). Buah kopi yang belum matang akan menghasilkan kopi *roastbean* dengan skor hedonik yang lebih rendah

dibandingkan dengan yang berasal dari buah matang (Velásquez et al., 2018). Hal ini karena komposisi kimia dan sensori buah kopi berubah seiring dengan tingkat kematangannya. Buah kopi matang mengandung komposisi kimia yang sesuai dan bertanggung jawab atas sifat rasa (Cedeño dan Banchón, 2022; Haile dan Kang, 2019). Misalnya, senyawa seperti kafein, yang disintesis di jaringan klorofil (terutama daun dan perikarp), akan diangkut ke biji, menandakan pertukaran penting antara berbagai jaringan buah (Osorio et al., 2023). Karbohidrat juga memainkan peran penting dalam proses pematangan melalui depolimerisasi, yang menyebabkan penurunan ukuran molekul (Osorio et al., 2023).

Selain faktor pra-panen seperti genetik, lokasi geografis, ketinggian, dan nutrisi tanah, metode pengolahan pasca-panen juga sangat memengaruhi kimia biji dan kualitas akhir seduhan kopi (Hall et al., 2021; Hameed et al., 2020). Pada pengolahan basah yang melibatkan waktu kontak biji dengan perikarp, akan memicu perubahan dalam komposisi kimia kopi yang berpengaruh pada kualitas akhir minuman (Osorio et al., 2023).

3. Kompetisi Pertumbuhan Vegetatif dan Reproduktif

Fenomena utama yang menggambarkan kompetisi vegetatif dan reproduktif adalah pengaruh beban buah (*fruit load*). Buah kopi bertindak sebagai organ *sink* (penarik fotosintat) yang sangat kuat, seringkali mengalokasikan lebih banyak sumber daya dibandingkan dengan organ *sink* fungsional lainnya (León-Burgos et al., 2024).

Peningkatan beban buah secara negatif berkorelasi dengan pertumbuhan tunas vegetatif (León-Burgos et al., 2024). Fotosintat yang dialokasikan untuk perkembangan

buah dapat mencapai lebih dari empat kali lipat dari yang dibutuhkan untuk pertumbuhan cabang selama siklus produksi tahunan (Chaves et al., 2011). Akibatnya, tanaman dengan beban buah yang tinggi akan mengalami penurunan yang signifikan dalam pertumbuhan cabang, rasio luas daun terhadap buah, dan pembentukan daun (León-Burgos et al., 2024). Kondisi ini menghambat pertumbuhan vegetatif dalam siklus produksi tahunan dan dapat mengubah pola produksi di masa mendatang (León-Burgos et al., 2024).

Ketidakseimbangan alokasi sumber daya ini dapat memicu beberapa konsekuensi negatif, termasuk *branch die-back* (kematian cabang) dan pola produksi dua tahunan (*biennial bearing*) (Chaves et al., 2011; DaMatta et al., 2007). Kematian cabang cenderung meningkat seiring dengan menurunnya rasio daun-buah, yang menunjukkan bahwa kompetisi sumber daya yang ekstrem dapat membahayakan integritas struktural tanaman (Chaves et al., 2011). Oleh karena itu, pengelolaan beban buah yang efektif melalui praktik agronomi yang tepat menjadi sangat penting untuk menjaga keseimbangan fisiologis, memastikan produktivitas berkelanjutan, dan mempertahankan kualitas biji kopi.

D. Faktor Lingkungan dan Respons Fisiologis

Tanaman kopi khususnya *Coffea arabica*, dikenal sangat sensitif terhadap perubahan iklim, cekaman abiotik, dan faktor lingkungan (Duangsodsri, 2020; Molina et al., 2025). Memahami respons fisiologis terhadap stres ini penting untuk strategi mitigasi dan peningkatan ketahanan tanaman (DaMatta et al., 2018, Borgo et al., 2024). Berikut

adalah beberapa faktor lingkungan utama dan respons fisiologis tanaman kopi terhadapnya:

- **Cekaman Air**: Kekeringan merupakan salah satu batasan iklim terkuat bagi kopi yang dapat mengurangi hasil panen hingga 80% pada tahun-tahun yang sangat kering (Resende et al., 2023; Vinecky et al., 2016). Kondisi ini membatasi proses fotosintesis karena penutupan stomata dan mengurangi aktivitas fisiologis lainnya dalam tanaman (Haile dan Masresha, 2018; Santos et al., 2015).
- **Suhu Ekstrem**: Suhu yang tidak optimal, baik tinggi maupun rendah, sangat memengaruhi pertumbuhan kopi (Resende et al., 2023). Peningkatan suhu global diprediksi akan menyebabkan perubahan pola pertumbuhan tanaman, bergantung pada kapasitas adaptasinya (José et al., 2024). Suhu ekstrem dapat mengganggu metabolisme tanaman dan jalur fotosintesis, menyebabkan kerusakan seluler, ketidakseimbangan ionik dan osmotik, serta stres oksidatif (Duangsodsri, 2020; Santos et al., 2015). Suhu rendah juga memengaruhi fotosintesis dan dihubungkan dengan induksi pembungaan, di mana kuncup bunga dapat memasuki kondisi dorman selama periode dingin dan kering (Rendón et al., 2025; Rodrigues et al., 2016).
- **Intensitas Cahaya**: Tanaman kopi menunjukkan plastisitas morfofisiologis yang merespons variasi cahaya (Ronchi et al., 2016). Paparan cahaya berlebih dapat menyebabkan kelebihan energi dan pemanasan daun, berpotensi memicu fotoinhibisi dan fotorespirasi yang membatasi proses fotosintesis serta mengurangi

produktivitas (Cavatte et al., 2012; Haile dan Masresha, 2018; Trevisan et al., 2022). Kualitas kopi rentan terhadap perubahan paparan cahaya, dengan peningkatan paparan cahaya dikaitkan dengan penurunan atribut sensorik kopi (Ahmed et al., 2021). Menanam kopi di bawah naungan pohon lain dapat menciptakan mikroklimat yang mendukung pertumbuhan dan meningkatkan kualitas kopi dengan mitigasi suhu ekstrem (Christo et al., 2021; Duangsodsri, 2020).

- **Konsentrasi Karbon Dioksida**: Peningkatan konsentrasi CO_2 di udara dapat memengaruhi tanaman kopi pada tingkat mesofil (biokimia, biofisik, molekuler) dan stomata (pembukaan, kepadatan, ukuran) (Santos et al., 2015). CO_2 yang tinggi dapat membantu mitigasi efek kekeringan dan meningkatkan konsentrasi senyawa tertentu seperti 5-O-*Caffeoylquinic Acid* dan kafein pada tanaman *Coffea arabica* muda (Catarino et al., 2021).
- **Salinitas dan Defisiensi Nutrisi**: Stres abiotik seperti salinitas dan defisiensi nutrisi (nitrogen, fosfor, kalium) juga merupakan batasan umum bagi produktivitas pertanian global, termasuk kopi (Duangsodsri, 2020).

Untuk memastikan produksi kopi yang berkelanjutan, penting untuk memahami bagaimana cekaman lingkungan memengaruhi pertumbuhan tanaman dan mengembangkan strategi untuk mitigasi dampaknya (Borgo et al., 2024). Studi tentang respons fisiologis kopi terhadap berbagai kondisi lingkungan ini sangat penting untuk program pemuliaan tanaman dan adaptasi terhadap perubahan iklim (Rodrigues et al., 2024; Thioune et al., 2020).

1. Faktor Iklim dan Persyaratan Lingkungan Umum

Produksi kopi dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor seperti suhu, curah hujan, ketinggian tempat, karakteristik tanah, dan radiasi matahari, serta praktik pengelolaan memengaruhi semua tahap fenologis kopi, baik vegetatif maupun reproduktif (Freitas et al., 2024). Perubahan dalam faktor-faktor ini dapat memicu respons adaptif pada tanaman atau menyebabkan cekaman yang berdampak negatif pada hasil dan kualitas kopi (Borgo et al., 2024).

Persyaratan lingkungan umum dapat meliputi:

- **Suhu**: Kisaran suhu merupakan faktor iklim yang sangat penting untuk tanaman kopi. *Coffea arabica* tumbuh subur di wilayah tropis yang ditandai dengan suhu rata-rata tahunan antara 18°C dan 22°C. Fluktuasi suhu yang ekstrem, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dapat menyebabkan cekaman panas atau dingin yang mengganggu proses fotosintesis, metabolisme, dan perkembangan buah kopi (Resende et al., 2023; Santos et al., 2015). Suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan sel, ketidakseimbangan osmotik dan ionik, serta stres oksidatif (Duangsodsri, 2020). Sementara itu, suhu rendah, meskipun dapat menginduksi pembungaan pada beberapa kondisi, juga memengaruhi fotosintesis dan dapat menyebabkan kuncup bunga memasuki dormansi (Rendón et al., 2025; Rodrigues et al., 2016).
- **Curah Hujan**: Curah hujan yang memadai dan terdistribusi dengan baik sangat penting untuk hidrasi tanaman kopi. Kebutuhan air rata-rata tanaman kopi berkisar antara 1.200 hingga 2.200 mm per tahun.

Periode kekeringan yang berkepanjangan atau cekaman air dapat mengurangi hasil panen secara signifikan, bahkan hingga 80% pada tahun-tahun yang sangat kering (Resende et al., 2023; Vinecky et al., 2016). Cekaman air mengarah pada penutupan stomata, mengurangi laju fotosintesis, dan menghambat aktivitas fisiologis lainnya, yang sangat memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas (Haile dan Masresha, 2018; Santos et al., 2015).

- **Ketinggian**: Ketinggian tempat tumbuh sangat memengaruhi kualitas biji kopi. Kopi Arabika umumnya ditanam pada ketinggian 1.000 hingga 2.000 meter di atas permukaan laut. Ketinggian yang lebih tinggi seringkali diasosiasikan dengan suhu yang lebih rendah dan distribusi curah hujan yang lebih stabil, kondisi yang mendukung perkembangan senyawa aromatik kompleks dalam biji kopi, sehingga menghasilkan kualitas rasa yang lebih baik (Ahmed et al., 2021; Rodrigues et al., 2016). Namun, kondisi ketinggian juga dapat memengaruhi plastisitas fenotipik tanaman kopi (José et al., 2024).
- **Intensitas Cahaya**: Tanaman kopi menunjukkan adaptasi terhadap intensitas cahaya. Meskipun kopi adalah tanaman yang berfotosintesis, paparan cahaya berlebih dapat menyebabkan fotoinhibisi dan fotorespirasi, yang mengurangi efisiensi fotosintesis dan produktivitas (Cavatte et al., 2012; Haile dan Masresha, 2018). Oleh karena itu, penanaman kopi di bawah naungan pohon lain (sistem agroforestri) seringkali dilakukan untuk memitigasi suhu ekstrem, mengurangi stres cahaya, dan menciptakan mikroklimat yang lebih stabil, yang pada gilirannya

dapat meningkatkan kualitas kopi dan melindungi dari hama dan penyakit (Biruk, 2018; Christo et al., 2021; Duangsodsri, 2020).

- **Jenis Tanah**: Kopi membutuhkan tanah yang subur, berdrainase baik, dan kaya bahan organik. Tanah vulkanik seringkali dianggap ideal karena kandungan mineralnya yang tinggi. pH tanah yang optimal untuk kopi Arabika biasanya berkisar antara 6,0 hingga 6,5. Defisiensi nutrisi dalam tanah, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, juga merupakan cekaman abiotik yang dapat membatasi produktivitas (Duangsodsri, 2020).

Memahami interaksi kompleks antara faktor lingkungan ini dan respons fisiologis tanaman kopi sangat penting untuk mengembangkan strategi budi daya yang berkelanjutan, program pemuliaan tanaman yang efektif, dan adaptasi terhadap tantangan perubahan iklim global (Borgo et al., 2024; Rodrigues et al., 2024; Thioune et al., 2020).

2. Stres Kekeringan

Stres kekeringan merupakan salah satu tantangan paling signifikan dalam budi daya tanaman kopi, mengingat sensitivitas tinggi tanaman kopi terhadap kekurangan air. Fenomena ini diperkirakan akan menjadi lebih parah dengan perubahan iklim, yang menyebabkan periode kekeringan yang lebih panjang dan permintaan evaporatif yang lebih ekstrem, sehingga berdampak negatif pada perkembangan, potensi pembungaan, dan hasil panen kopi. Kekeringan merupakan faktor pembatas utama produksi kopi secara global, yang dapat mengakibatkan kehilangan hasil panen sebesar 40-80. Oleh karena itu, memahami dan mengatasi stres kekeringan sangat penting untuk

keberlanjutan industri kopi, yang menopang jutaan rumah tangga di negara berkembang (DaMatta et al., 2018).

Stres kekeringan secara langsung memengaruhi fotosintesis dan metabolisme karbohidrat pada tanaman kopi, yang merupakan aspek penting dalam pertumbuhan dan produktivitas. Untuk mengurangi dampak stres kekeringan pada budi daya tanaman kopi, berbagai strategi mitigasi dapat diterapkan. Pengembangan strategi manajemen irigasi yang efektif, seperti irigasi defisit parsial (*Partial Root Zone Drying*/PRD) dan irigasi defisit normal (*Normal Deficit Irrigation*/NDI), dapat meminimalkan efek buruk kekeringan, menghemat air, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air tanaman (Tesfaye et al., 2013). Selain itu, pemuliaan tanaman dan nutrisi juga menjadi strategi potensial untuk mengatasi stres abiotik ini dan meningkatkan produksi kopi (Borgo et al., 2024).

Identifikasi genotipe kopi yang menunjukkan toleransi kekeringan dan potensi hasil tinggi dapat melalui eksplorasi sifat benih, perkecambahan, pola pertumbuhan, dan respons fisiologis. Identifikasi ini merupakan langkah penting dalam pengembangan varietas kopi yang tahan terhadap kekeringan dan lebih tangguh (Chekol et al., 2023).

3. Stres Panas

Suhu tinggi yang ekstrem dapat secara langsung memengaruhi proses fotosintesis pada tanaman kopi. Panas berlebih menyebabkan denaturasi protein, kerusakan membran sel, dan menghambat aktivitas enzim yang esensial untuk metabolisme tanaman (Duangsodsri, 2020). Tanaman kopi merespons stres panas dengan berbagai mekanisme, namun paparan suhu di atas ambang

toleransi dapat memicu kondisi seperti fotoinhibisi, di mana efisiensi penggunaan cahaya untuk fotosintesis menurun drastis, serta meningkatkan fotorespirasi, yang merupakan proses yang tidak efisien dalam fiksasi karbon (Cavatte et al., 2012; Haile dan Masresha, 2018). Gejala fisik stres panas dapat meliputi layu, nekrosis, hingga gugurnya daun dan bunga yang pada akhirnya mengurangi area fotosintetik dan kapasitas produksi tanaman (Resende et al., 2023). Upaya mitigasi stres panas dalam budi daya tanaman kopi dapat dilakukan dengan cara penanaman di bawah naungan pohon pelindung, pemilihan varietas kopi yang lebih toleran panas, serta praktik pengelolaan air yang lebih efisien (Borgo et al., 2024; Christo et al., 2021).

4. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya dapat memengaruhi fungsi stomata, kontribusi fotokimia, difusi, dan keterbatasan biokimia fotosintesis pada tingkat daun (Souza et al., 2023). Sistem peneduh (*shading*) dan sistem agroforestri dapat memengaruhi ekofisiologi produksi tanaman kopi (DaMatta et al., 2007). Namun, cahaya berlebih juga dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman kopi (Borgo et al., 2024). Intensitas cahaya optimal untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas kopi dilaporkan berkisar antara 45-65% dari sinar matahari penuh, dengan batas atas naungan yang dapat diterima sekitar 70% (Yuliasmara, 2017).

Manajemen naungan merupakan praktik agronomis yang mendasar dalam budi daya tanaman kopi, dengan konsekuensi signifikan terhadap ekosistem dan keberlanjutan jangka panjang (Blazy et al., 2008; Bosselmann et al., 2008). Penyesuaian intensitas cahaya

melalui manajemen naungan yang tepat menjadi esensial untuk mengoptimalkan hasil panen dan mempertahankan kesehatan tanaman kopi. Misalnya, mengembalikan lapisan naungan dapat meningkatkan ketahanan terhadap peningkatan suhu siang hari, menjaga mikrosfer yang lebih lembab dan lebih dingin daripada perkebunan kopi tanpa naungan, serta memberikan perlindungan terhadap peristiwa iklim ekstrem (Prado et al., 2019). Manajemen naungan juga efektif membantu mengurangi penyakit daun dan meningkatkan produksi buah kopi. Hal ini perlu dipertimbangkan bahwa naungan yang berlebihan atau kurangnya naungan dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan hasil kopi (Durand-Bessart et al., 2020).

5. Nutrisi dan Hara

Nutrisi dan hara merupakan fondasi utama bagi pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman kopi yang optimal. Kebutuhan nutrisi tanaman kopi sangat bervariasi tergantung pada fase pertumbuhan, jenis kopi, dan kondisi lingkungan. Unsur hara esensial dikelompokkan menjadi makronutrien, yang dibutuhkan dalam jumlah besar, dan mikronutrien, yang diperlukan dalam jumlah kecil namun sama pentingnya untuk fungsi metabolisme tanaman kopi (Abebe et al., 2019).

Makronutrien utama yang dibutuhkan tanaman kopi meliputi Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium, Magnesium, dan Sulfur (S). Urutan kebutuhan makronutrien dapat bervariasi antara spesies kopi; misalnya, pada *Coffea canephora*, urutannya adalah N > Ca > K > Mg > S > P, sedangkan pada *Coffea arabica*, K > N > Ca > P > Mg > S (Ramírez-Builes et al., 2020). Nitrogen sangat penting untuk pembelahan sel dan pembentukan klorofil

selama tahap vegetatif, serta berperan dalam fase pembungaan hingga pembuahan. Fosfor mendorong pembentukan akar awal dan transfer energi, sementara Kalium mengatur potensi osmotik sel, mengaktifkan enzim, dan membantu transportasi asimilat, yang semuanya memperkuat ketahanan tanaman dan kualitas buah (Kurniawan et al., 2025). Kalsium adalah makronutrien penting yang terlibat dalam beberapa proses fisiologis yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, perkembangan, produktivitas, dan respons terhadap stres abiotik, serta esensial untuk struktur dinding sel dan integritas membran. Magnesium penting untuk fotosintesis, metabolisme energi, sintesis protein, dan aktivitas enzimatik (Ramírez-Builes et al., 2020).

Selain makronutrien, mikronutrien juga memegang peranan krusial meskipun dibutuhkan dalam konsentrasi yang lebih rendah. Mikronutrien seperti Besi, Boron (B), Mangan, Tembaga, dan Seng melaksanakan fungsi spesifik dan esensial dalam metabolisme tanaman. Defisiensi mikronutrien dapat menyebabkan gangguan metabolisme yang memengaruhi produksi dan kualita. Misalnya, Fe beroperasi dalam sintesis klorofil dan jaringan transpor elektron fotosistem, sedangkan Cu, Mn, Zn, dan B secara spesifik beroperasi selama tahap pertumbuhan reproduktif, yang krusial untuk menentukan produktivitas dan kualitas tanaman (Dubberstein et al., 2019). Konsentrasi mikronutrien tertinggi pada organ tanaman kopi yang dievaluasi adalah Fe, diikuti oleh B, Mn, Cu, dan Zn. Pemahaman yang tepat tentang kebutuhan nutrisi ini, serta pengelolaan yang terpadu melalui uji tanah dan penggunaan pupuk organik dan anorganik yang seimbang,

sangat direkomendasikan untuk budi daya tanaman kopi yang berkelanjutan (Santos et al., 2021).

6. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang signifikan dan secara serius memengaruhi budi daya tanaman kopi, terutama di daerah dengan penggunaan irigasi intensif atau tanah yang secara alami memiliki kadar garam tinggi. Cekaman salinitas secara fundamental mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi, bahkan dapat menyebabkan kematian pada tahap awal pertumbuhan (Borgo et al., 2024).

Dampak utama salinitas pada tanaman kopi dapat dikategorikan menjadi dua efek besar seperti cekaman osmotik dan toksisitas ionik (Haile dan Won, 2018). Cekaman osmotik terjadi karena konsentrasi garam yang tinggi di dalam tanah mengurangi ketersediaan air bagi tanaman, meskipun tanah tampak basah. Hal ini memaksa tanaman untuk mengeluarkan lebih banyak energi untuk menyerap air, sehingga mengganggu proses fisiologis normal.

Sementara itu, toksisitas ionik disebabkan oleh akumulasi ion-ion tertentu seperti natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) dalam jaringan tanaman hingga mencapai tingkat yang beracun, mengganggu fungsi seluler dan enzimatis. Peningkatan konsentrasi garam telah terbukti mengurangi luas daun dan tinggi tanaman kopi, serta menghambat pertumbuhan batang (Haile dan Won, 2018).

Untuk memitigasi cekaman salinitas, beberapa strategi agronomi dapat diterapkan, antara lain menjaga ketersediaan air yang tinggi melalui irigasi yang sering dan

efisien seperti irigasi tetes. Selain itu, aplikasi kalsium dan magnesium dapat memberikan efek menguntungkan pada struktur tanah dan toleransi tanaman, karena ion-ion ini membantu memindahkan ion natrium dari koloid tanah sehingga dapat tercuci keluar dengan irigasi (Francini et al., 2019). Pemahaman tentang respons tanaman kopi terhadap salinitas serta pengembangan strategi mitigasi melalui pemuliaan tanaman dan nutrisi sangat penting untuk memastikan produksi kopi yang berkelanjutan (Borgo et al., 2024).

DAFTAR PUSTAKA

Abebe, Y., Burkhardt, J., Endashaw, B., & Teshome, T. (2019). The role of soil nutrient ratios in coffee quality: Their influence on bean size and cup quality in the natural coffee forest ecosystems of Ethiopia. *Proceedings of the 22nd International Conference on Coffee Science*.

Ahmed, S., Brinkley, S., Smith, E., & Peiretti, A. (2021). Climate change and coffee quality: Systematic review on the effects of environmental and management variation on secondary metabolites and sensory attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Frontiers in Plant Science, 12*, 708013. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.708013

Angka, A. W. (2021). Dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kopi robusta di Desa Kurrak Kecamatan Tapango Kabupaten Polewali Mandar. *Media Agribisnis, 5*(2), 133–139. https://doi.org/10.35326/agribisnis.v5i2.1594

Andriyani, I., & Ubaidillah, M. (2022). Penilaian indikasi geografis Pegunungan Hyang Argopuro dan kesesuaian lahannya untuk budi daya kopi. *AgriTECH, 42*(2), 47–56. https://doi.org/10.22146/agritech.60195

Biruk, A. (2018). Impact of shade on morpho-physiological characteristics of coffee plants, their pests and diseases: A review. *African Journal of Agricultural Research, 13*(39). https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13408

Blazy, J.-M., de Barros, I., & Rodrigues, G. S. (2008). Environmental damages versus economic performance: Sustainability of Guadeloupean banana cropping systems in question—An emergetic approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 129*(4), 437–449. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.015

Bosselmann, A. S., Dons, K., Oberthür, T., & Olsen, C. S. (2008). The influence of shade trees on coffee quality in smallholder coffee agroforestry systems in southern Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 129*(1–3), 253–260. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004

Cannell, M. G. R. (1985). Physiology of the coffee crop. In M. N. Clifford & K. C. Willson (Eds.), *Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage* (pp. 108–132). Springer.

Catarino, I., Monteiro, G. B., & Ferreira, M. J. P. (2021). Elevated CO_2 mitigates drought effects and increases leaf 5-O-caffeoylquinic acid and caffeine concentrations during the early growth of *Coffea arabica* plants. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.676207

Cavatte, P. C., Rodríguez-López, N. F., & Martins, S. C. V. (2012). Functional analysis of the relative growth rate, chemical composition, construction and maintenance costs, and the payback time of *Coffea arabica* L. leaves in response to light and water availability. *Journal of Experimental Botany, 63*(8), 3071–3086. https://doi.org/10.1093/jxb/ers027

Chaves, A. R. M., Martins, S. C. V., Batista, K. D., & DaMatta, F. M. (2011). Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback with little to no effect on

photosynthesis, carbohydrate or mineral pools in different canopy positions of field-grown coffee trees. *Environmental and Experimental Botany, 77*, 207–218. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.11.011

DaMatta, F. M., Ávila, R. T., Cardoso, A. Á., Martins, S. C. V., & Ramalho, J. C. (2018). Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66*(21), 5264–5274. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537

DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 19*(4), 485–500. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014

Francini, A., Sebastiani, L., Boldt, J. K., & Hawes, M. C. (2019). Abiotic stress effects on performance of horticultural crops. *Horticulturae, 5*(4), 67. https://doi.org/10.3390/horticulturae5040067

Getachew, M., Tolassa, K., De Frenne, P., & Nyssen, J. (2022). The relationship between elevation, soil temperatures, soil chemical characteristics, and green coffee bean quality and biochemistry in southwest Ethiopia. *Agronomy for Sustainable Development, 42*(4). https://doi.org/10.1007/s13593-022-00801-8

Hall, R. D., Trevisan, F., & de Vos, R. C. H. (2021). Coffee berry and green bean chemistry: Opportunities for improving cup quality and crop circularity. *Food Research International, 141*, 110825. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825

Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The harvest and post-harvest management practices' impact on coffee quality. In *Coffee – Production and Research*.

IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.89224

Lara-Estrada, L., Sucar, L. E., & Rasche, L. (2023). Inferring multiple coffee flowerings in Central America using farmer data in a probabilistic model. *Ecological Informatics, 79*, 102434. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102434

Morais, L. E., Cavatte, P. C., Medina, E. F., Bonomo, D. M., Partelli, F. L., & DaMatta, F. M. (2011). The effects of pruning at different times on the growth, photosynthesis and yield of conilon coffee clones with varying patterns of fruit maturation in southeastern Brazil. *Australian Journal of Crop Science, 5*, 1485–1492.

Ramadhillah, B., & Masjud, Y. I. (2024). Climate change impacts on coffee production in Indonesia: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Campostrini, E., & Ramalho, J. C. (2016). Physiological aspects, growth and yield of *Coffea* spp. in areas of high altitude. *Australian Journal of Crop Science, 10*(5). https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7366

Santos, C., Leitão, A. E., Pais, I. P., & Lidon, F. C. (2015). Perspectives on the potential impacts of climate changes on coffee plant and bean quality. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 27*(2), 152–163. https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19468

Vinecky, F., Davrieux, F., Mera, A. C., & Oliveira, A. C. (2017). Controlled irrigation and nitrogen, phosphorus and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of Arabica coffee beans. *The*

Journal of Agricultural Science, 155(6), 902–918. https://doi.org/10.1017/S0021859616000988

Yuliasmara, F. (2017). El Niño effect on coffee growth and productivity on several agroforestry systems in Gumitir Mountain coffee farms, East Java, Indonesia. *Pelita Perkebunan, 33*(3), 168–179. https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v33i3.291

BAB 4
EKOLOGI DAN AGROKLIMAT: KONDISI IDEAL UNTUK PRODUKSI KOPI BERMUTU

Oleh Retno Muningsih, S.P., M.Sc.

A. Ekologi dan Agroklimat Tanaman Kopi

Ekologi dan agroklimat tanaman kopi berkaitan dengan interaksi tanaman kopi dengan lingkungan tumbuhnya, termasuk syarat tumbuh yang meliputi iklim, tanah dan agroekologi di lingkungan tempat tumbuhnya. Iklim mendukung pertumbuhan, perkembangan dan daya hasil tanaman kopi. Faktor iklim yang yang perlu diperhatikan antara lain cahaya matahari, suhu, kelembaban udara, curah, hujan dan angin.

1. Iklim yang Berperan untuk Tanaman Kopi

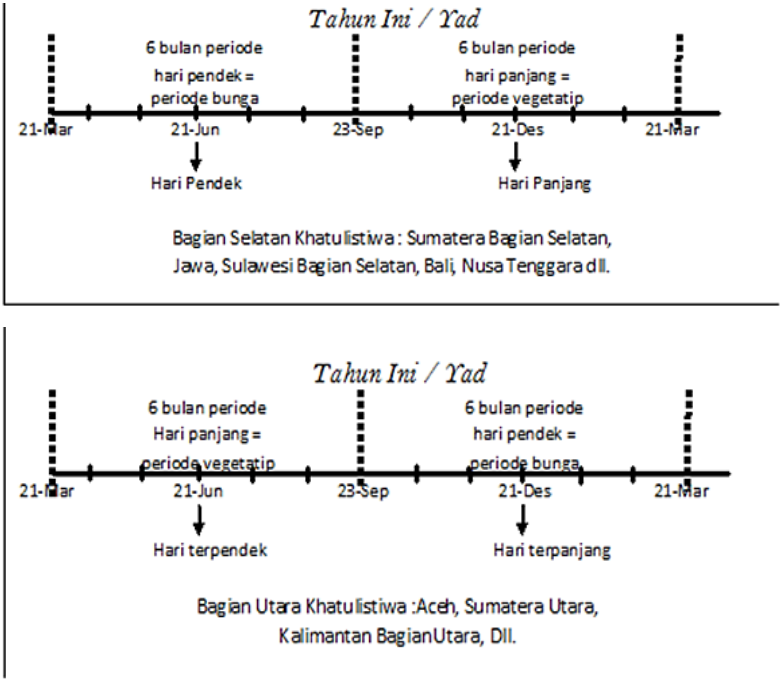
a. Cahaya Matahari

Tanaman kopi berasal dari hutan yang kondisi hidupnya dinaungi. Tingkat penyinaran matahari erat hubungannya dengan suhu lingkungan pertanaman kopi. Oleh karena itu penanaman pohon pelindung bagi pengaturan perlindungan terhadap sinar matahari langsung sangat penting artinya bagi tanaman kopi. Penanaman kopi tanpa naungan kurang cocok ditinjau dari segi fotosintesa. Intensitas cahaya berpengaruh pada hasil asimilasi bersih. Intensitas cahaya 75% merupakan intensitas cahaya

optimum untuk tanaman kopi. Dalam keadaan normal temperatur daun > 20°C, dan pada daun-daun yang tidak ternaungi dapat mencapai 40°C. Pada tingkat penyinaran ekstrim yang menyebabkan suhu daun > 30°C dan berlangsung lama, daun akan mengering dan kemudian rontok.

Tingkat penyinaran yang diperlukan tergantung pada kondisi pertumbuhan tanaman kopi. Pada saat pembentukan primordia bunga, sinar matahari sangat diperlukan. Rangsangan cahaya matahari ini diperlukan dari segi lamanya dan intensitasnya. Cahaya matahari berperan penting dalam fotosintesis dan pembungaan. Apabila intensitasnya terlalu sedikit, misalnya karena naungan terlalu gelap akan menghambat pembentukan primordia bunga. Dalam kondisi ini kerimbunan naungan harus dikurangi, agar intensitas matahari menjadi cukup. Laju pertumbuhan tajuk ditandai dengan laju pertumbuhan ruas, sangat dipengaruhi perubahan musim, terutama panjang hari. Pertumbuhan vegetatif tanaman kopi akan maksimal pada periode hari panjang, sedangkan periode pembungaan akan efektif pada saat hari pendek.

Kopi adalah tanaman hari pendek (*short- day plant*). Hari pendek penyinaran matahari < 12 jam dalam satu hari. Perkembangan primordia bunga dapat dipengaruhi oleh panjang hari, terutama pada saat periode hari pendek. Kurangnya intensitas cahaya matahari dapat memengaruhi pembentukan hormon giberelin yang dapat menghambat terbentuknya bunga. Tanaman kopi muda (umur kurang dari 1 tahun) membutuhkan penyinaran matahari langsung sekitar 2 jam untuk mencapai pertumbuhan optimal. Jika penyinaran lebih dari 2 jam maka tanaman kopi akan mengalami pertumbuhan yang terhambat.



Gambar 4. 1 Laju Pertumbuhan Tajuk Kopi Berdasarkan Panjang Hari

(Sumber: Modul Pembelajaran Budidaya Kopi, 2020)

b. Suhu

Suhu optimum untuk tanaman kopi Arabika pada malam hari adalah 18°C dan suhu pada siang hari adalah 22°C. Kopi Arabika suhu optimum Suhu diatas 23°C mempercepat pertumbuhan dan pematangan buah serta menyebabkan penurunan kualitas fisik dan seduhan kopi. Pada suhu lebih dari 30°C dalam waktu yang lama dapat menyebabkan klorosis daun, terbentuknya bunga bintang atau bunga layu dan menghambat terjadinya primordia dan

gagalnya pembentukan buah (Pohlan dan Janssens, 2010). Suhu udara berpengaruh terhadap laju fotosintesa tanaman. Setiap spesies kopi memerlukan kisaran suhu optimum yang berbeda-beda. Suhu optimum kopi Arabika adalah 15 – 22°C.

Keadaan suhu rata-rata yang tinggi lebih dari 30°C yang berlangsung beberapa bulan, dapat menyebabkan kerusakan tanaman, yang ditandai dengan mengeringnya daun, kemudian rontok dan cabang-cabang menjadi kering. Kualitas terbaik kopi Arabika diperoleh jika tanaman ditanam di ketinggian tempat yang memiliki cuaca ekstrim dan suhu yang sejuk. Kopi Robusta memiliki pertumbuhan optimum pada suhu antara 22 - 30°C. Toleran pada suhu tinggi dan kelembaban rendah.

Suhu tinggi berpotensi menyebabkan serangan penyakit karat daun kopi (*coffee leaf rust/Hemileia vastatrix*) (Descroix dan Snoeck, 2004), penyakit bulai buah kopi (*cercospora*) dan mempercepat kemasakan buah, sedangkan suhu rendah mempercepat penyakit buah kopi (*coffee berry disease*) (Wrigley, 1988). Suhu di bawah 4°C dapat menyebabkan kematian jaringan daun dan buah, ditandai dengan mengecilnya ukuran daun, kerdil dan bercak daun yang akhirnya menyebabkan gugur daun. Gejala akan sangat parah jika suhu siang hari sangat tinggi dan malam hari sangat dingin (Baon, 2016) Variasi suhu sangat berperan penting untuk pertumbuhan tanaman kopi. Variasi suhu harian melebihi batas toleransi suhu dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang baik. Untuk mengatasi adanya variasi suhu diperlukan adanya tanaman pelindung.

c. Kelembaban Udara

Kelembaban udara berpengaruh nyata terhadap perkembangan tanaman kopi, terutama kopi Robusta. Kelembaban udara terbaik untuk kopi Robusta adalah 70-75% dan untuk kopi Arabika sekitar 60%. Kelembaban yang tinggi secara terus menerus di atas 85%, pada kopi Arabika akan memengaruhi mutu kopi dan kehilangan air melalui stomata yang menyebabkan berkurangnya difusi CO_2 dan berpotensi menghambat pertumbuhan tanaman (Baon, 2016).

d. Curah hujan

Hujan merupakan unsur iklim yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi, karena tanaman kopi biasanya ditanam di daerah-daerah yang tak memungkinkan untuk irigasi. Jumlah curah hujan dan distribusinya menentukan penyediaan air pada tanaman. Kopi Arabika membutuhkan curah hujan tahunan antara 1.400 – 2.400 mm, meskipun masih bisa bertahan pada curah hujan 800 mm dan 4.200 mm. Lama dan intensitas curah hujan sangat berpengaruh pada masa pembungaan dan pemasakan buah.

Curah hujan lebih dari 3.000 mm rawan bagi tanaman kopi terserang penyakit yang disebabkan oleh jamur. Curah hujan terlalu tinggi juga berpotensi menghilangkan unsur hara melalui pencucian dan erosi. Pencucian hara menyebabkan hilangnya kation-kation basa di dalam tanah yang menyebabkan tanah bereaksi masam, memiliki basa-basa tertukar rendah dan kurang subur. Sementara itu, erosi cukup beat pada lahan-lahan miring yang menyebabkan kehilangan hara dan tanah secara bersamaan (Pujiyanto, 2016 dalam Sari dan Abdoellah, 2017).

Untuk tanaman kopi distribusi hujan lebih penting dibandingkan dengan jumlah hujan sepanjang tahun. Pada tanah liat kopi akan tumbuh baik dengan curah hujan 1.500 mm/tahun dan pada tanah berpasir diperlukan curah hujan lebih dari 2.000 mm/tahun yang terdistribusi merata sepanjang tahun. Tanaman kopi toleran dengan bulan kering selama 2 – 3 bulan. Bulan kering berdampak bagi primordia bunga, pembungaan dan terbentuknya biji. Bulan kering tersebut sangat penting bagi kopi Robusta yang menyerbuk silang, sedangkan bagi kopi Arabika menyerbuk sendiri. Batas terendah jumlah curah hujan bagi tanaman kopi 1000 mm/tahun batas tertingginya 3000 mm/tahun, dengan bulan kering ≤ 5 bulan dan ≥ 1 bulan.

Di Pulau Jawa sebagian besar daerah kopi termasuk iklim C yang agak kering, sedan di Sumatera sebagian besar termasuk iklim B yang agak basah, menurut klasifikasi iklim Schmidt – Ferguson. Pada iklim B pembagian panen kopi relatif lebih merata dibanding yang bertipe iklim C. Perbedaan tipe curah hujan juga berpengaruh pada rendemen kopi. Di daerah yang lebih kering, rendemen lebih tinggi. Ketersediaan air yang cukup dapat mematahkan adanya dormansi kuncup bunga kopi dan pemekaran bunga. Tajuk tumbuh lambat pada musim kemarau yang biasanya disertai suhu dingin dan akan kembali aktif setelah musim hujan. Penyebab gugur daun pada tanaman kopi antara lain berkaitan dengan distribusi hujan dan panjang hari di daerah beriklim tropis.

Kopi adalah tanaman hijau sepanjang tahun yang memerlukan air tanah secara terus-menerus, tetapi akar permukaannya membutuhkan periode kering pada sebagian tahun untuk memperlambat pertumbuhan dan

memulai primordia bunga. Kopi Arabika dapat bertahan pada periode kering selama 4-6 bulan dengan syarat kondisi tanah memiliki solum yang dalam dan memiliki kemampuan menahan air tinggi. Namun, periode kering pada kopi Robusta tidak lebih dari 3-4 bulan karena adanya evaporasi yang tinggi dan suhu yang lebih tinggi. Bulan kering ditandai dengan bulan yang curah hujannya kurang dari dua kali suhu rerata bulanannya. Misal, untuk kopi Arabika 36 mm (2 x 18) dan untuk kopi Robusta 50 mm (2 x 25) (Baon, 2016).

e. Angin

Bagi tanaman kopi yang menyerbuk silang seperti kopi Robusta, angin mempunyai andil terbesar dalam penyerbukan. Kepala sari dari bunga-bunga yang mekar, mulai pecah sesaat setelah matahari terbit, sebagian besar tepung sari disebarkan oleh angin dan hanya sebagian kecil saja yang terbawa serangga. Sebaran tepung sari yang terbawa angin bisa mencapai jarak 100 m dengan ketinggian 8 m.

Selain mempunyai pengaruh positif, angin dapat pula berpengaruh negatif, terutama angin yang bertiup kencang Angin kencang dapat merusak tajuk tanaman dan menggugurkan bunga, serta merontokkan daun-daun. Angin kencang yang bertiup pada musim kemarau akan mempercepat evapotranspirasi (penguapan air dari daun dan tanah) sehingga dapat mengakibatkan kekeringan.

Pohon pelindung yang ditanam diantara tanaman kopi di samping melindungi tanaman dari sengatan terik matahari juga berfungsi untuk menahan angin. Untuk daerah-daerah yang pada waktu tertentu ataupun secara periodik/tahunan dilalui angin kencang, sebaiknya ditanam

pohon berkayu seperti mahoni sebagai *windbreaker* (pematah angin) di sepanjang batas areal, di pinggir kiri-kanan jalan kebun, dan di lokasi-lokasi tertentu yang paling sering dilewati angin kencang. Di daerah dengan kecepatan angin tinggi sering kali terjadi defoliasi atau gugurnya daun. Lama dan intensitas angin menjadi faktor pembatas dalam budidaya kopi.

2. Tanah Untuk Tanaman Kopi

Sifat- Fisik Fisik Tanah

a. Kedalaman efektif

Tanaman kopi tumbuh dan berproduksi baik pada tanah yang dalam > 150 cm. Batas minimal kedalaman efektif adalah 60 cm. Makin dalam tanah berarti makin banyak cadangan unsur hara dan air yang dapat dimanfaatkan, dan juga makin besar volume tanah yang dapat dijelajahi oleh akar sehingga tanaman akan lebih kokoh dan tidak mudah tumbang oleh angin.

b. Tekstur

Tekstur adalah perbandingan relatif antara pasir, debu, dan liat. Tekstur tanah yang baik untuk tanaman kopi adalah tekstur berlempung/geluhan/*loamy* dengan struktur tanah lapisan atas remah. Tanah pasir sifatnya sangat porous, daya menyimpan air rendah, sehingga air tidak tersedia untuk tanaman sebaliknya tanah liat, kemampuan untuk menahan air sangat kuat, sehingga air sulit diserap tanaman. Fraksi tanah liat yang dimaksud ini disebut tanah berat (fraksi pasir= tanah ringan). Tekstur tanah yang sesuai adalah kombinasi liat- pasir.

c. Drainase dan lama genangan

Tanah yang berdrainase kurang baik, biasanya terdapat pada tanah-tanah berkadar liat tinggi. Drainase tanah yang tak baik akan menghambat pertumbuhan akar. Drainase tidak baik, artinya tanah mudah jenuh oleh air atau mudah tergenangi air dan aerasi buruk. Tanaman kopi sebaiknya tidak tergenang > 1 minggu. Sebaliknya pada tanah- tanah yang berkadar pasir tinggi, mudah terjadi drainase berlebihan, hal ini juga tak dikehendaki, karena tanaman kopi mudah kekeringan.

d. Persentase fraksi kasar

Fraksi kasar: batu, kerakal, kerikil, akan mengurangi volume tanah yang dapat dimanfaatkan oleh akar, juga menyebabkan kapasitas tanah menyimpan air rendah, serta menghambat pertumbuhan akar karena akar tunggang bisa bengkok dan kerdil, sedang akar rambut relatif sedikit, sehingga kemampuan menyerap unsur hara rendah. Batas maksimum fraksi kasar di permukaan (lapisan tanah atas) adalah 15%.

Sifat-Sifat Kimia Tanah

a. pH

pH tanah menunjukan derajat keasaman atau kebasaan tanah, yang ditentukan oleh perbandingan relatif antara ion H^+ dan ion $0H^-$. Tanah-tanah masam biasanya terdapat pada tanah yang berkadar aluminium tinggi, tanah organik atau tanah pasang surut. Tanah-tanah basa terdapat pada tanah-tanah berkapur atau berkadar garam tinggi. Kisaran pH tanah yang optimum bagi tanaman kopi 5,5-6,0 dengan pH maksimum 8,0 dan pH minimum 4,0.

b. Kadar bahan organik (BO)

BO tanah berpengaruh terhadap:

1) Aktivitas organisme yang hidup didalam tanah
2) Kapasitas Pertukaran Kation (KPK)
3) Struktur tanah
4) Kapasitas menahan air tanah
5) Efisiensi pemupukan

Ada keterkaitan antara kadar BO dan kadar Nitrogen. Perbandingan antara kadar C dan N tanah mineral relatif mantap antara 10-12. Oleh karena itu kadar BO perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kesesuaian lahan. Kadar C-organik yang optimum untuk tanaman kopi adalah 2-5% dan minimum 1%.

c. Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) dan Kejenuhan Basa (KB)

KPK mencerminkan kemampuan tanah dalam menahan unsur hara yang bermuatan positif. Makin besar KPK tanah makin besar pula kemampuannya dalam menahan unsur hara, yang selanjutnya dapat diambil oleh tanaman, sehingga kehilangan hara karena pencucian kecil. KPK optimum untuk tanaman kopi > 15 mc/100 gram tanah dan minimumnya 5 me/100 gram tanah. KB merupakan perbandingan antara kadar Ca, Mg, K, dan Na dengan KPKnya. Makin tinggi KB berarti makin tinggi proporsi kompleks garapan yang diisi oleh kation-Kation tersebut, dengan demikian PH tanah pada umumnya juga semakin tinggi. KB optimum untuk tanaman kopi >35%.

d. Kadar Unsur Hara

Kadar unsur hara N,P,K mencerminkan kemampuan tanah mensuplai unsur-unsur tersebut bagi tanaman. Kekurangan unsur ini relatif mudah diatasi, tetapi bila kadar unsur N, P, K ditanah sangat rendah berarti masukan yang diperlukan untuk mencapai produktivitas kopi tertentu yang dikehendaki juga menjadi besar. Untuk keadaan unsur N,P,K yang rendah, maka kelas kesesuaian lahan dinilai rendah.

e. Toksisitas

Penyebab keracunan yang umum adalah kadar garam (ditunjukkan oleh salinitas dalam satuan mmhos/cm) atau aluminium yang tinggi. Untuk tanaman kopi salinitas optimum <1 mmhos/cm. Pada salinitas >4 mmhos/cm pertumbuhan sangat terganggu sedang untuk kejenuhan aluminium >60%, pertumbuhan tanaman kopi sangat terhambat. Pertumbuhan tidak terhambat bila kejenuhan aluminium ≤ 59%. Kejenuhan aluminium tanah berkorelasi negatif dengan pH. Makin tinggi kejenuhan aluminium, maka makin rendah pHnya.

B. Kondisi Ideal untuk Produksi Kopi Bermutu

Perubahan iklim yang terjadi saat ini, sedikit banyak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan menurunnya produksi tanaman kopi (Cheserek & Gichimu, 2012). Adanya perubahan pola hujan dan peningkatan suhu udara serta meningkatnya kejadian iklim ekstrem dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman di daerah dengan suhu yang lebih tinggi karena cekaman panas, erosi tanah karena curah hujan tinggi, dan degradasi lahan akibat

meningkatnya intensitas dan durasi kekeringan (Solomon, 2007). Kondisi iklim makro tidak dapat diubah melalui teknik budidaya, tetapi kondisi iklim mikro di kebun kopi dapat diatur melalui pengaturan pohon pelindung yang berpengaruh terhadap penyinaran dan kelembapan. Pohon pelindung di kebun kopi terdiri dari pohon pelindungtetap dan pohon pelindungsementara.

Kopi termasuk kelompok tanaman yang memerlukan cahaya tidak penuh (C3) sehingga ditanam dalam sistem campuran (agroforestri) mulai dari sistem campuran sederhana sampai yang komplek (multistrata) menyerupai hutan. Kopi juga bisa ditanam dalam sistem agroforestri sederhana, pelindung yang umum digunakan adalah pohon leguminosae seperti dadap (*Erythrina sububrams*), gamal (*Gliricidia maculata*) dan lamtoro (*Leucaena glauca*). Lamtoto merupakan salah satu tanaman ideal sebagai pelindung kopi, karena lamtoro merupakan tanaman leguminosa yang memiliki kemampuan menambat N dari udara. Hal ini menguntungkan bagi tanaman kopi karena mengurangi persaingan dalam mendapatkan unsur hara. Selain itu penerusan cahaya dari tanaman lamtoro ke kanopi pohon kopi bisa mencapai antara 40 – 60%. Intensitas cahaya tersebut sangat ideal untuk membentuk cita rasa kopi yang bermutu baik (Erdiansyah dan Yusianto, 2012). Perbandingan populasi antara lamtoro dengan tanaman kopi muda idealnya adalah 1:2 dan seiring bertambahnya umur tanaman kopi sebaiknya dilakukan penjarangan populasi lamtoro dengan perbandingan 1:4 (Yuliasmara dan Erdiansyah, 2016).

Pemangkasan pohon pelindung sebaiknya dilakukan supaya cahaya matahari tersedia bagi tanaman kopi untuk merangsang pembentukan primordia bunga yang biasanya

terbentuk pada akhir musim penghujan dan awal musim kemarau. Selain itu pemangkasan pohon pelindung juga diperlukan untuk mempermudah peredaran udara di sekitar kanopi tanaman kopi. Hal ini penting untuk penyerbukan terutama untuk kopi Robusta yang membutuhkan penyerbukan silang. Selain itu pemangkasan juga dibutuhkan untuk mengurangi kelembaban di sekitar kanopi, kondisi terlalu lembab dapat menyebabkan kerontokan buah mencapai 20 – 30%. Kelembaban terlalu tinggi juga dapat menyebabkan tunas dan cabang yang terbentuk menjadi lemah.

Pohon pelindung juga berperan sebagai sumber bahan organic. Bahan organic dari pohon pelindung memiliki kualitas nutrisi yang lebih baik karena biasanya pohon pelindung berasal dari *Leguminosae*. Untuk mempercepat dekomposisi bahan organic dapat ditambahkan pupuk N dan kapur, dengan tujuan memperbaiki perbandingan kandungan hara N dan C serta memberikan kondisi yang lebih baik bagi decomposer (Pujiyanto, 2016 dalam Sari and Abdoellah, 2017).

Pada tanaman kopi tanpa pelindung, selama periode pembungaan terjadi peningkatan penyerapan karbohidrat oleh daun dan cabang untuk menunjang proses pembentukan pembuahan. Akibatnya akar, cabang dan daun mengalami kerusakan. Dengan adanya pohon pelindung proses pematangan buah diperlambat sehingga dapat mengurangi *over bearing* dan kerusakan pada akar, daun dan cabang (Muschler, 2001 dalam Bote dan Struik, 2011; Ricci et al., 2011).

Dampak pohon pelindung pada tanaman kopi diantaranya adalah: (1) Memperlambat pematangan buah,

(2) Meningkatkan luas daun dan jumlah cabang bawah, (3) Menurunkan jumlah produksi dompolan buah per cabang, dan (4) Meningkatkan jarak antar dompolan dan jumlah daun per cabang. Jumlah tanaman kopi yang mengalami mati cabang/ranting meningkat pada tanaman kopi tanpa naungan (Ricci et al., 2011). Tanaman kopi Arabika yang menggunakan naungan menghasilkan berat biji lebih besar (148 g/1000 biji) dibanding tanpa naungan (134 g/1000 biji) dan kualitas biji yang lebih baik dibandingkan tanpa pohon pelindung (Bote dan Struik, 2011).

Berbagai teknologi telah diaplikasikan dalam upaya mengatasi dampak perubahan iklim pada perkebunan kopi, seperti pola agroforestri (pola tanam dengan pohon pelindung) dan teknologi konservasi tanah (Yuliasmara dan Erdiansyah, 2016). Penerapan pola *agroforestry* pada budidaya tanaman kopi merupakan cara ideal untuk budidaya tanaman kopi. Beberapa keuntungan ekologis dan lingkungan dari penerapan sistem agroforestri yaitu mengurangi erosi tanah, meningkatkan cadangan karbon, menjaga kesuburan tanah, dan menjaga keanekaragaman hayati. Kopi memiliki akar tunggang dengan panjang akar mencapai kedalaman 150 cm. Panjang total akar tanaman kopi dapat mencapai 20–25 km dan permukaan serapan berkisar antara 400–500 m^2. Akar lateral dapat mencapai panjang 2 m dari pohon. Sekitar 80–90% akar serabut terdapat pada kedalaman tanah 0–20 cm, pada jarak 60–90 cm dari pohon. Dengan akar tunggang yang dalam dan akar serabut yang rapat di lapisan permukaan tanah, maka tanaman kopi berperan positif terhadap tata air dan mampu mempertahankan struktur lapisan tanah serta memperkokoh struktur lapisan tanah.

Keuntungan lain dengan penerapan sistem agroforestri pada budidaya kopi adalah meningkatnya mutu produk kopi yang dihasilkan, terutama citarasa kopi. Perlindungan tanaman kopi dalam sistem agroforestri menyebabkan proses pemasakan buah lebih optimal. Sebaliknya, di lokasi penanaman tanpa naungan umumnya buah kopi cepat masak karena tercekam cahaya. Selain untuk adaptasi, sistem agroforestri pada tanaman kopi juga memiliki aspek mitigasi, yaitu untuk menambah serapan karbon 10–15 Mg/ha (Hairiah dan Rahayu, 2007), bahkan mencapai 19 Mg/ha (Wibawa, Yuliasmara dan Erwiyono, 2010). Nilai tambah lain sistem agroforestri adalah memperbaiki kesuburan tanah karena peningkatan kandungan bahan organik dari daun yang gugur.

Agroforestri berbasis kopi dapat memberikan kelembaban udara yang sesuai untuk semut terutama di musim kemarau (Teodoro et al., 2010). Menurut (Armbrecht dan Gallego, 2007) semut merupakan musuh alami/predator penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei*). Dalam 5 hari semut dapat membunuh 74-99% dari populasi *Hypothenemus hampei*. Bonfim et al. (2010) melaporkan bahwa jumlah spora jamur mikoriza arbuskular *(Arbuscular Mycorrhizal Fungi*) pada agroforestri kopi dengan *Grevillea robusta*, jumlahnya dua kali lipat dibandingkan kopi monokultur. Begitu juga dengan bakteri tanah yang berfungsi dalam siklus unsur hara dan fiksasi N pada agroforestri berbasis kopi populasinya 22% lebih tinggi.

Teknologi konservasi lahan antara lain dengan aplikasi mulsa organic, pembuatan rorak/gondang-gandung dan biopori. Aplikasi mulsa organik dapat diterapkan untuk mendapatkan iklim mikro yang berperan

positif mendukung pertumbuhan tanaman kopi. Mulsa organic yang berasal dari serasah pangkasan tanaman kopi maupun pohon pelindung sebaiknya dibiarkan di area kebun. Serasah pangkasan ini berperan sebagai mulsa organic yang dapat dimanfaatkan sebagai mulsa untuk mengurangi evaporasi dan erosi, sekaligus apabila sudah mengalami dekomposisi dapat melepas unsur hara yang dikandungnya ke tanah di sekitar perakaran kopi.

Rorak berfungsi memperbesar resapan air ke tanah dan menampung tanah yang tererosi, unsur hara yang terbawa erosi meresap di sekitar perakaran tanaman, menampung bahan organik yang ada, dan merangsang pembentukan akar serabut tanaman kopi sehingga penyerapan hara oleh tanaman lebih optimal (Yuliasmara dan Erdiansyah, 2016). Biopori adalah lubang dengan kedalaman 80-100 cm dan diameter 10–30 cm dimaksudkan sebagai lubang resapan penampung air hujan dan meresapkannya kembali ke tanah (Brata, 2009). Biopori juga yang ditutupi material organik dapat menyerap dan menyimpan air, menambah hara tanah, memberi nafas pada perakaran, dan menjadi habitat hewan dan jasad renik. Menurut (Sibarani dan Bambang, 2010), biopori meningkatkan resapan air tanah hingga tiga kali lebih cepat dibanding areal terbuka. Pembuatan biopori pada areal pertanaman kopi cukup efektif mempertahankan dan meningkatkan lengas tanah.

Rasa kopi yang optimal dapat diperoleh dengan intensitas cahaya sedang, sedangkan kadar kafein tidak secara langsung memengaruhi cita rasa kopi Robusta. Intensitas cahaya tinggi yang masuk ke kebun menyebabkan aroma kopi Robusta yang makin kuat, sedangkan untuk membentuk cita rasa terbaik diperlukan

intensitas cahaya sedang. Kadar kafein dalam biji kopi berkorelasi positif dengan intensitas cahaya (Erdiansyah dan Yusianto, 2012). Hasil uji citarasa pada kopi Arabika yang berasal dari sistem agroforestri kopi dengan tanaman kehutanan di daerah Pangalengan, Bandung Jawa Barat menunjukkan nilai yang *excellent* (di atas 80). Kopi dengan nilai citarasa di atas 80 tergolong kopi spesialti, yang diminati oleh konsumen di luar negeri seperti, Maroko, Jepang dan Australia.

DAFTAR PUSTAKA

Andrade Bonfim, J., Naomi Matsumoto, S. and Meira Lima, J. (2010) *Fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiros Fungos Micorrízicos Arbusculares (Fma) E Aspectos Fisiológicos Em Cafeeiros Cultivados Em Sistema Agroflorestal E A Pleno Sol (1)*.

Armbrecht, I. and Gallego, M.C. (2007) "Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia," *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124(3), pp. 261–267. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00574.x.

Baon, J.B. (2016) "Lahan untuk penanaman kopi," *Kopi: Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Produksi Hilir dan Sistem Kemitraan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia, pp. 163–182.

Bote, A.D. and Struik, P.C. (2011) "Effects of shade on growth, production and quality of coffee (Coffea arabica) in Ethiopia," *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(11), pp. 336–341. Available at: http://www.academicjournals.org/JHF.

Brata, K.R. (2009) "Lubang Resapan Biopori untuk Mitigasi Banjir, Kekeringan dan Perbaikan," *Prosiding Seminar Lubang Biopori (LBR) dapat Mengurangi Bahaya banjir. BPPT. Jakarta*.

Cheserek JJ and Gichimu BM (2012) *Drought and heat tolerance in coffee: a review*, *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. Available at: http://www.interesjournals.org/IRJAS.

Descroix, F. and Snoeck, J. (2004) "Environmental factors suitable for coffee cultivation: In Wintgens JN, editor. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production." Weinheim.

Dos, M. *et al.* (no date) *Vegetative and productive aspects of organically grown coffee cultivars under shaded and unshaded systems*, *Sci. Agric*.

Erdiansyah, N.P. and Yusianto, Y. (2012a) "Relationship between caffeine content and flavor with light intensity of several coffee Robusta clones," *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 28(1), pp. 14–22.

Erdiansyah, N.P. and Yusianto, Y. (2012b) "Relationship between caffeine content and flavor with light intensity of several coffee Robusta clones," *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 28(1), pp. 14–22.

Hairiah, K. and Rahayu, S. (2007) "Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan," *World agroforestry centre. Bogor*, 77.

Pohlan, H.A.J. and Janssens, M.J. (2010) "Growth and production of coffee," *Soils, plant growth and crop production*, 3, p. 101.

Sari, N.P. and Abdoellah, S. (2017) "Effectiveness of Humic Acid Application on Growth of Coffee Seedings," *Coffee Cocoa Res J*, 33, pp. 188–194.

Sibarani, R.T. and Bambang, D. (2010) "Penelitian biopori untuk menentukan laju resap air berdasarkan variasi umur dan jenis sampah," *Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya http://digilib. its. ac. id/public/ITS-Undergraduate-10743-Paper. pdf* [Preprint].

Solomon, S. (2007) *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. Cambridge university press.

Teodoro, A. V. *et al.* (2010) "Seasonal contrasts in the response of coffee ants to agroforestry shade-tree management," *Environmental Entomology*, 39(6), pp. 1744–1750. Available at: https://doi.org/10.1603/EN10092.

Wibawa, A., Yuliasmara, F. and Erwiyono, R. (2010) *Estimasi cadangan karbon pada perkebunan kopi di Jawa Timur Estimasi Cadangan Karbon pada Perkebunan Kopi di Jawa Timur Estimation of Carbon Stocks in Coffee Plantation in East Java*.

Wrigley, G. (1988) "Coffee Tropical Agricultural Series Longman scientific and Technical." Longman group UK Limited, England.

Yuliasmara, E. and Erdiansyah, N.P. (2016) "Sistem pangkasan kopi di Indonesia," *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 28(1), pp. 13–18.

BAB 5
TEKNIK BUDIDAYA KOPI: PEMBIBITAN, PENANAMAN, DAN PEMELIHARAAN

Oleh Merlyn Mariana, S.P., M.P.

Tanaman kopi disebut juga sebagai tanaman penyegar, tanaman perkebunan strategis yang memiliki nilai jual tinggi serta berperan penting dalam perekonomian nasional. Keberhasilan usaha tani kopi sangat ditentukan oleh penerapan teknik budidaya yang tepat sejak tahap pembibitan, penanaman, hingga pemeliharaan tanaman di lapangan. Kesalahan pada salah satu tahapan tersebut dapat berdampak panjang terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan mutu biji kopi yang dihasilkan.

Indonesia adalah salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Posisi Indonesia dalam peta produksi kopi global sangat strategis karena keberadaan varietas kopi unggulan seperti Arabica dan Robusta, serta budaya kopi yang sudah melekat dalam kehidupan masyarakat. Berkat kondisi iklim tropis dan sumber daya alam yang mendukung, sektor kopi telah berkembang pesat dan menjadi salah satu komoditas unggulan berbagai provinsi di Tanah Air. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), publikasi Statistik Kopi Indonesia 2023 menunjukkan bahwa produksi kopi secara nasional masih tergolong tinggi meskipun mengalami fluktuasi dalam beberapa

tahun terakhir. Publikasi ini menyajikan data komprehensif mengenai luas areal, produksi kopi menurut provinsi, dan dinamika produksi tiap tahun. Data produksi kopi nasional pada periode terbaru menunjukkan bahwa Indonesia tetap mempertahankan posisinya sebagai salah satu penghasil kopi penting di dunia. Seluruh produksi kopi tersebut datang dari kombinasi perkebunan rakyat, perusahaan swasta, dan lahan negara, dengan dominasi kuat dari perkebunan rakyat. Bahkan, hampir 99,56% dari produksi kopi nasional berasal dari perkebunan rakyat, yang menunjukkan peran sentral petani kecil dalam industri kopi Indonesia

Budidaya tanaman kopi (*Coffea* spp.) merupakan rangkaian kegiatan teknis dan manajemen pertanian yang bertujuan untuk menghasilkan tanaman kopi yang sehat dan produktif. Proses budidaya harus memperhatikan aspek agroekologi, pemilihan bibit unggul, teknik penanaman yang tepat, serta pemeliharaan yang berkelanjutan agar produktivitas tinggi dan kualitas kopi terjaga. Budidaya yang baik juga mempertimbangkan prinsip *Good Agricultural Practices* (GAP) untuk meningkatkan efisiensi produksi sekaligus menjaga lingkungan. Kunci awal keberhasilan budidaya kopi adalah penggunaan bibit berkualitas. Bibit berkualitas disiapkan melalui persemaian yang baik dan seleksi landasan varietas yang sesuai dengan kondisi agroklimat lokal. Nurseha et al. (2019) menambahkan bahwa komposisi media semai dan bahan organik seperti bokashi dari limbah kulit kopi dapat meningkatkan pertumbuhan bibit robusta pada fase pembibitan, menggantikan kebutuhan pupuk kimia.

Setelah bibit siap tanam, aspek penting berikutnya adalah persiapan lahan dan penanaman. Lahan kopi

sebaiknya diolah dengan memperhatikan drainase, pengaturan kanopi atau naungan (*agroforestry*), serta mempertimbangkan jarak tanam yang optimal antara tanaman agar kompetisi sumber daya tanah dan cahaya dapat diminimalkan. Sistem agroforestry tidak hanya memberikan naungan tetapi juga memperbaiki struktur tanah dan mikroklimat kebun kopi.

Dalam budidaya kopi modern, penerapan *Good Agricultural Practices* (GAP) sangat penting. Adopsi GAP mencakup praktik pengelolaan tanah, pengaturan intensitas cahaya, pemupukan yang benar, serta pengendalian hama dan penyakit secara terpadu. Namun penelitian di Kabupaten Tapanuli Selatan menunjukkan bahwa tingkat adopsi GAP oleh petani kopi arabika masih tergolong rendah, sehingga produktivitas belum optimal (Kansrini, Febrimeli dan Mulyani, 2020).

Manajemen kesuburan tanah juga sangat berpengaruh terhadap produktivitas kopi. Penggunaan pupuk organik dan teknik pengelolaan tanah yang berkelanjutan seperti mulsa dan pengembalian biomassa dapat mempertahankan kadar bahan organik tanah serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman kopi. Kondisi tanah yang subur meningkatkan kesehatan tanaman dan potensi hasil panen. Selain pengelolaan tanah dan hama, adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi aspek yang semakin penting dalam budidaya kopi. Variabilitas iklim seperti perubahan pola curah hujan dan suhu dapat memengaruhi fase fenologi tanaman kopi sehingga memerlukan strategi budidaya yang sinergis dengan kalender iklim setempat untuk mengoptimalkan pemupukan, penyiraman, dan tindakan agronomi lainnya (Servina et al., 2020)

Pendekatan agroekologi dan sistem budidaya berkelanjutan seperti *agroforestry* dan penggunaan mikroba yang mendukung pertumbuhan tanaman juga semakin mendapat perhatian dalam literatur ilmiah. Misalnya, penelitian global menunjukkan bahwa integrasi pohon penaung dalam kebun kopi dapat meningkatkan layanan ekosistem seperti retensi air dan nutrisi tanah, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman kopi yang lebih sehat dan produktif.

Secara keseluruhan, budidaya tanaman kopi yang berhasil tidak hanya bergantung pada teknik penanaman semata, tetapi merupakan hasil manajemen terpadu yang mencakup pemilihan bibit unggul, pengelolaan lahan, kesehatan tanah, pengendalian hama dan penyakit, serta adaptasi terhadap tekanan lingkungan. Penerapan pengetahuan agronomi dan teknologi terbaru membuka peluang peningkatan produktivitas yang lebih tinggi sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya alam.



Gambar 5. 1 Kebun Kopi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis, 2026)

A. Pembibitan

Pembibitan merupakan tahap awal yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman kopi hingga fase produksi. Kualitas bibit yang dihasilkan dari proses pembibitan memiliki dampak langsung terhadap daya adaptasi, pertumbuhan vegetatif, dan produktivitas tanaman dewasa. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif tentang teknik pembibitan sangat penting, baik secara praktis maupun ilmiah. Secara umum, kopi dapat diperbanyak melalui dua cara utama: perbanyakan generatif (menggunakan biji) dan perbanyakan vegetatif (setek, *grafting*). Perbanyakan generatif masih menjadi metode dominan di banyak kebun kopi karena kemudahan dan ekonominya, meskipun pertumbuhan vegetatif memiliki keunggulan dalam mempertahankan karakter unggul induk.



Gambar 5. 2 Pembibitan Kopi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis, 2025)

1. Perbanyakan Tanaman Secara Generatif

a. Sumber Benih

Sumber benih sebaiknya yang bersertifikat atau diambil dari pohon induk kopi yang berumur 5 tahun dan sudah berproduksi. Diambil buah kopi yang matang fisiologis, sehat dan bebas hama penyakit. Sebelum disemai sebaiknya dilakukan proses perendaman. Benih yang tenggelam sangat disarankan untuk dijadikan benih. Selain perendaman dengan air biasa, bisa juga ditambahkan zat perangsang tumbuh dan perendaman antimikroba.



Gambar 5. 3 Benih Kopi Arabika Fase Serdadu

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis, 2025)

b. Persemaian dan Pemindahan Bibit ke Polybag

Tempat persemaian dibuat dengan atap yang lebih banyak terbuka ke arah timur. Gunanya agar benih kopi lebih banyak mendapatkan sinar matahari pagi. Di persemaian, media tanaman yang memiliki peran yang penting dalam pertumbuhan benih kopi. Media tanam biasanya menggunakan beberapa komposisi seperti tanah, kompos dan pasir sangat baik dijadikan media tanam tumbuh untuk

benih kopi namun menggunakan media pasir saja juga sudah cukup baik, mengingat porositas pasir dapat membantu pertumbuhan akar lebih leluasa tumbuh dan bergerak sehingga pada saat pemindahan ke polybag akan lebih mudah pencabutannya

Persemaian dilakukan setelah perendaman. Perlakuan perendaman ini juga sekaligus dilakukan seleksi benih, yang tenggelam sangat baik untuk benih sebaliknya benih yang melayang (kopong) sebaiknya tidak disemai. Benih disemai dengan jarak tanam 2,5 x 3 cm dengan posisi telungkup. Fungsi jarak tanam pada persemaian adalah selain karena estetika juga untuk mengetahui kebutuhan benih dalam luasan tertentu, dan karena benihnya berjarak maka akan memudahkan dalam pencabutan bibit. Pengalaman penulis dalam hasil praktik dilapangan benih akan tumbuh dan masuk ke fase serdadu pada umur 5-6 minggu setelah semai. Selama di persemaian, penyiraman sangat penting dilakukan pagi dan sore hari apalagi kondisi cuaca sangat terik.

Pada usia 3-4 minggu kemudian bibit kopi masuk ke fase kepelan. Pemindahan bibit dari persemaian ke polybag disarankan pada fase kepelan atau fase berdaun sejati. Pemeliharaan bibit kopi di pembibitan memiliki tujuan untuk menghasilkan bibit yang sehat, seragam dan memiliki daya adaptasi tinggi saat dipindahkan ke lapangan. Pemeliharaan lainnya adalah pemupukan dengan dosis yang rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan mikroba tanah di pembibitan dapat meningkatkan pertumbuhan akar dan ketahanan bibit terhadap stress lingkungan. Pengendalian hama dan penyakit juga perlu diperhatikan. Kebersihan pembibitan perlu dijaga dari pertumbuhan gulma dan juga serangan

penyakit. Bibit yang terserang sebaiknya disingkirkan dari areal pembibitan. Penyakit yang sering muncul di pembibitan antara lain adalah jamur patogen penyebab busuk akar dan bercak daun. Penggunaan fungisida atau agen hayati dapat dianjurkan untuk kesehatan bibit



Gambar 5. 4 Tempat Persemaian

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis, 2025)

2. Perbanyakan Tanaman Secara Vegetatif

Perbanyakan vegetatif seperti setek dan *grafting* memiliki keunggulan karena bibit yang dihasilkan memiliki sifat seragam dan mempertahankan karakter unggul induk. Penelitian menunjukkan bahwa teknik sambung-setek dengan sumber auksin tertentu dapat meningkatkan keberhasilan perakaran pada setek kopi. Namun, teknik perbanyakan vegetatif ini tetap membutuhkan perhatian khusus terhadap higienitas media, perlakuan hormonal, dan suhu kelembapan dalam *nursery* agar hasil bibit optimal.



Gambar 5. 5 Setek Kopi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis, 2022)

a. Pemberian Zat pengatur Tumbuh

Untuk mempercepat pertumbuhan selain komposisi media, penerapan zat pengatur tumbuh dan nutrien tambahan dapat mempercepat pertumbuhan setek. Setek yang ada direndam dengan zat pengatur tumbuh yang mengandung hormon pertumbuhan. Beberapa ZPT alami antara lain air bawang merah, air kelapa, cucian air beras dan lain sebagainya dapat memberikan pengaruh percepatan tumbuhnya akar, tinggi dan diameter pada setek kopi. Salah satu hasil penelitian (Mariana et al., 2023) menunjukkan penggunaan ZPT alami ekstrak bawang merah dengan konsentrasi 50 persen menunjukkan hasil paling baik pada parameter pertumbuhan jumlah tunas, jumlah daun, diameter daun, jumlah akar dan panjang akar pada bahan setek ruas pertama.

b. Media Tanaman

Selain faktor benih, media tanam juga menjadi salah satu penentu keberhasilan dalam kegiatan perbanyakan tanaman. Biasanya perbanyakan tanaman secara vegetatif langsung di tanaman di polybag ukuran sedang. Media tanam yang umum digunakan adalah *top soil* ditambah pupuk kandang. *Top soil* adalah tanah paling atas yang diyakini memiliki tingkat kesuburan tinggi karena kaya akan kandungan mineral apabila dibanding dengan tanah di bawahnya. Hasil penelitian (Pamuji, 2023), pemberian *cocopeat* mampu meningkatkan jumlah daun, luas daun tanaman, panjang akar, bobot basah akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk.

Hasil penelitian lainnya menunjukkan media tanam dengan perlakuan tanah saja, tanah dicampur pupuk kandang, tanah dicampur arang sekam dan tanah dicampur pupuk kandang dan arang sekam menunjukan tidak berbeda nyata terhadap persentase kecambah benih kopi arabika. Masih dengan penulis yang sama, hasil penelitiannya menunjukan media tanam dengan perlakuan tanah saja, tanah dicampur pupuk kandang, berbeda nyata dengan perlakuan tanah dicampur arang sekam dan tanah dicampur pupuk kandang dan arang sekam terhadap indeks kecepatan perkecambahan benih kopi arabika. (Raharjo, Murti dan Wibowo, 2021). Hasil penelitian tentang media tanam dan setek juga dikaji (Mariana, M 2017) yakni media tanam tanah ditambah pupuk kandang ditambah arang sekam menghasilkan tinggi tanaman setek nilam tertinggi bila dibandingkan dengan perlakuan media tanam *cocopeat* ditambah pakis ditambah arang sekam.

B. Penanaman

Persiapan lahan merupakan tahapan yang sangat besar pengaruhnya pada kegiatan budidaya. Antara lain adalah pembuatan teras, pembersihan lahan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya, menambahkan bahan organik juga menetapkan jarak tanaman kopi dan jarak tanam penaung. Kopi adalah tanaman yang memerlukan naungan, oleh karena itu sebelum pemindahan bibit kopi, tanaman penaung seharusnya sudah ditanami satu tahun sebelumnya. Tanaman penaung ada dua macam yaitu penaung sementara dan penaung tetap (Prastowo et al., 2010). Sesuai dengan fungsinya, yaitu menaungi tanaman utama dari sinar matahari secara penuh.

Syarat tanaman penaung antara lain berdaun kecil, batangnya kokoh, pertumbuhannya tidak mengganggu tanaman utama, dan tidak menjadi inang hama penyakit. Contoh tanaman penaung sementara yang digunakan antara lain jenis *Moghania macrophylla* (*Flemingia congesta*), *Crotalaria* sp., *Tephrosia* sp., sedangkan penaung tetap antara lain lamtoro (*Leucaena* sp.), *Gliricidia*, kelapa, dadap (*Erythrina* sp.), cemara (*Casuarina* sp.). Tanaman penaung juga akan menambah ekosistem seperti resistensi tanah dan air, peningkatan humus dan menambah keanekaragaman hayati. Bibit kopi yang akan dipindahkan ke lapangan umumnya memiliki 6-8 pasang daun, batang dan akarnya kokoh, dan sehat tidak terserang hama dan penyakit.

Penanaman bibit kopi ke dalam lubang tanam yang sudah dipersiapkan, dimana lubang tanam berukuran 60x60x60 cm (Panjang x lebar x kedalaman) dan sudah berisi pupuk organik (kompos atau pupuk kandang).

Penutupan lubang tanam dilakukan hati-hati agar akar tanaman tidak rusak. Teknik penanaman yang baik juga dipengaruhi oleh pengetahuan dan kemampuan petani dalam menerapkan GAP kopi mulai dari persiapan lahan sampai ke pemeliharaan. Hasil pengkajian menunjukkan adopsi GAP yang baik akan menghasilkan tanaman kopi yang sehat, lebih seragam pertumbuhannya, dan berpotensi memberikan hasil panen yang lebih tinggi (Kansrini, Febrimeli and Mulyani, 2020)

Tabel 5. 1 Sistem Jarak Tanam Kopi

TABEL 1.5. SISTEM JARAK TANAM KOPI

Sistem Jarak Tanam	Robusta	Arabika
Segi Empat	2,5 x 2,5 m	2,5 x 2,5 m atau 2x 2,5 m
Pagar	2,5 x 3 m	2 x 3,0 m atau 2 x2,5 m
Pagar Berganda	2,5 x 2,5 x 4,0 m	2,5 x 2,5 x 4 m

(Sumber: Permentan No. 128 tahun 2014)

C. Pemeliharaan

Menjelang pemindahan ke lapangan, bibit harus melalui proses pengerasan (*hardening*). Pengerasan dilakukan dengan mengurangi intensitas penyiraman secara bertahap agar bibit mampu beradaptasi terhadap kondisi lapangan yang lebih ekstrem. Bentuk pemeliharaan bibit di lapangan antara lain:

1. **Penyulaman**; yaitu kegiatan penggantian tanaman yang mati atau tumbuh tidak normal, biasanya akan

kelihatan dalam 1 – 3 bulan setelah tanam. Penggantian tanaman sebaiknya dengan tanaman yang memiliki umur dan ukuran yang sama agar pertumbuhannya seragam.

2. **Pemupukan**; Unsur hara N, P dan K sebenarnya sudah tersedia secara alami di dalam tanah namun jumlahnya tidak mencukupi sehingga perlu ada pemupukan. Pemberian pupuk anorganik dilakukan untuk memenuhi kebutuhan selama pertumbuhan tanaman. Dalam masa pertumbuhan, tanaman juga memerlukan unsur-unsur yang mengandung kalsium, magnesium, ferrum, boron dan mangan yang dapat diperoleh dari pupuk organik dengan cara proses pengomposan. Pupuk organik bisa berupa kotoran ternak atau juga dari hasil pelapukan sampah dedaunan. Pemupukan organik secara rutin juga dianjurkan untuk memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Pemupukan dilakukan dua kali setiap tahun atau menyesuaikan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Waktu pemupukan dilakukan pada awal dan akhir musim hujan.
3. **Pengendalian gulma,** Pengendalian gulma penting untuk dilakukan di areal tanaman kopi agar tidak menimbulkan persaingan unsur hara, cahaya matahari juga penyerapan air. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara manual, mekanis atau menggunakan mulsa organik. Penggunaan mulsa organik juga membantu menjaga kelembaban tanah dan menekan pertumbuhan gulma. Pengendalian hama penyakit dilakukan dengan pendekatan pengendalian hama terpadu seperti sanitasi kebun, pemangkasan rutin dan

penggunaan varietas tahan serta pemanfaatan musuh alami.

4. **Pemangkasan**; Pemangkasan mulai dilakukan sejak tanaman kopi masih berusia muda atau sekitar 2-3 tahun pertama guna membentuk kerangka tanaman. Ada tiga jenis pemangkasan yaitu (1) Pemangkasan bentuk bertujuan untuk menentukan jumlah cabang primer dan tinggi tanaman yang ideal. Pemangkasan yang tepat akan meningkatkan sirkulasi udara, mengurangi serangan hama dan penyakit serta memudahkan pemeliharaan dan panen. (2) Pemangkasan pemeliharaan bertujuan untuk menjaga produktivitas hasil buah kopi, yaitu pemangkasan terhadap tunas yang tidak dikehendaki, pemangkasan produksi bisa juga dengan melakukan pemangkasan berat pada tanaman kopi yang tumbuh terlalu rimbun atau lebat. Tanaman kopi yang terlalu lebat akan meningkatkan kelembaban sehingga memudahkan serangan hama maupun penyakit. (3) Pemangkasan peremajaan yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanaman yang kurang baik diikuti dengan penyambungan tunas yang memiliki sifat dan keunggulan. Pemangkasan juga dilakukan pada tanaman penaung (Panggabean E, 2019). Tanaman penaung harus dipangkas secara berkala agar tidak terlalu menaungi tanaman kopi dan menghambat fotosintesis.

DAFTAR PUSTAKA

Kansrini, Y., Febrimeli, D. and Mulyani, P.W. (2020) "Adoption Rate of Good Agriculture Practices of Arabica Coffee Plants by Farmers in South Tapanuli District," *Paradigma Agribisnis*, 3(1), p. 36.

Mariana, M. (2017) "Pengaruh Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Setek Batang Nilam," *Agrica Ekstensia*, 11(1), pp. 1–8.

Mariana, M. Basri, A.H.H., Manullang, W, Harahap, R,T., Novita, A (2023) "Optimalisasi Zat Pengatur Tumbuh Alami dan Bahan Setek Pada Pertumbuhan Vegetatif Setek Kopi Robusta," *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri*, 26(1), pp. 68–75.

Nurseha, Anwar R, Y. (2019) "Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Pada Berbagai Komposisi Media Dengan Bokashi Limbah Kulit Kopi," *Agroqua*, 17(1), pp. 32–40. Available at: https://doi.org/10.32663.

Pamuji, P. (2023) "Pengaruh Komposisi Media Tanam Cocopeat Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (Coffea canephora)," *Repository Universitas Andalas* [Preprint].

Panggabean E (2019) *Buku Pintar Kopi*. Jakarta: Agromedia. Available at: https://books.google.co.id/books?id=gD7-wAEACAAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false (Accessed: February 22, 2026).

Permentan No. 128 tahun 2014 (2014) "Pedoman Teknis Pembangunan Kebun Induk dan Kebun Entres Kopi

Arabika dan Kopi Robusta," *Permentan*, (1827), p. 8.

Prastowo, B. et al. (2010) *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. 1st ed, *Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 1st ed. Jakarta: Eska Media.

Raharjo, H.F.F., Murti, R.H. and Wibowo, A. (2021) "Review Modifikasi Komposisi Media Tanam Menggunakan Arang Sekam Pada Pembibitan Kopi," *Warta*, 33(2), pp. 14–19.

BAB 6
HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN KOPI: IDENTIFIKASI, DAMPAK DAN PENGENDALIAN TERPADU

Oleh Sulfiani, S.P., M.Si.

A. Peran dan Tantangan Tanaman Kopi

Usaha kopi menjadi sumber penghasilan utama, yang membantu meningkatkan pendapatan negara dan mendukung pembangunan bangsa. Memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi (Butar & Siregar., 2024). Luas kebun kopi di Indonesia tercatat mencapai 1.285,8 hektar. Pada tahun 2022, produksi mencapai 794.800 ton (Safitri, 2025). Kopi diminati oleh semua kalangan. Negara Brazil, Kolombia, Vietnam serta Indonesia berhasil melakukan ekspor tanaman kopi (Siregar et al., 2023).

Tantangan dalam budidaya kopi di perkebunan rakyat adalah mutu dan produktivitas rendah. Hal yang terjadi akibat organisme pengganggu tanaman yang mengakibatkan menurunya kualitas dan kuantitas. (Permana & Masrilurrahman., 2021). Kurangnya pemahaman petani terhadap serangan hama dan penyakit mengakibatkan pengendalian tidak dapat berjalan dengan maksimal. Umumnya pengendalian dapat dilakukan berdasarkan pengalaman dengan cara tradisional dalam mengidentifikasi hama dan penyakit (Lumbanraja, 2021). Selain itu permasalahan lain pada budidaya tanaman kopi

adalah minimnya adopsi pada teknologi yang mengakibatkan rendahnya kualitas hasil serta lemahnya penanganan teknologi panen dan pascapanen (Saptana et al., 2005).

B. Hama Utama Tanaman Kopi

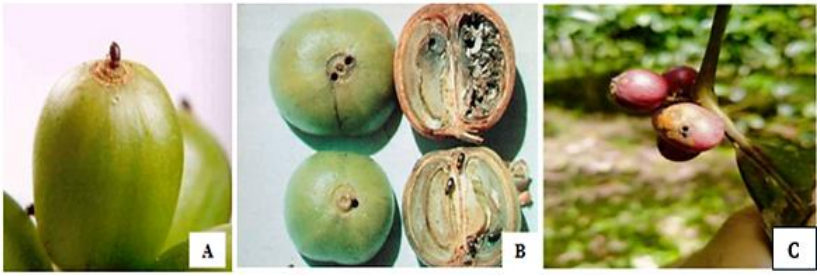
Penggerek buah kopi adalah hama utama yang di tanaman kopi. Hama ini bisa mengurangi kualitas serta jumlah buah kopi yang dihasilkan (Rasiska, 2022). Hama ini berada dalam Kingdom Animalia, Filum Arthropoda, Kelas Insecta, Ordo Coleoptera, Famili *Scolytidae*, Genus *Hypothenemus*, serta Spesies *Hypothenemus hampei*. Menyerang biji buah kopi dengan cara imago betina masuk ke dalam buah melalui diskusnya, selanjutnya meletakkan telur dan berkembang di dalam biji. larva akan menggerogoti bagian dalam pada biji kopi. Efek yang ditimbulkan dari serangan ini Adalah menurunkan kualitas dan produksi (Prastio et al, 2025).

Suhu dan ketinggian lokasi dapat mengurangi jumlah serta kualitas biji kopi (Grade Kopi*). Hypothenemus hampei* tumbuh dengan baik saat suhu tinggi. Warna buah kopi memengaruhi kehilangan hasil. Buah yang berwarna merah 13,47%, buah kuning 9,16%, dan buah berwarna hijau kehilangan hasil terendah, yaitu 2,93%. Hal ini terjadi karena ciri khas *H. hampei* yang mampu memasukkan telur-telurnya saat buah masih berwarna kuning, dan hama ini terus berkembang hingga buah kopi berwarna merah (Yudiawati et al., 2023)



Gambar 6. 1 Penggerek buah pada tanaman Kopi: (A) Telur, (B) Larva, (C) Pupa, dan (D) Imago.

(Sumber: http://www.nbair.res.in; Harni et al., 2015)



Gambar 6. 2 (A) Aktivitas kumbang betina menggerek pada buah kopi, (B) Kerusakan di dalam buah (C) Gejala serangan Hama Buah Kopi *Hypothenemus hampei*

(Sumber: Cirad; Harni et al., 2015; Faizin & Nailil Maghfiroh, 2023)

1. Hama Penggerek Cabang dan Ranting - *Xylosandrus compactus*

Xylosandrus compactus atau penggerek cabang dengan berkembang dengan metamorforsis sempurna yang terdiri dari telur, larva, pupa serta imago. Ukuran tubuh imago

betina lebih besar jika dibandingkan dengan Jantan dengan ukuran berkisar (0,16 - 0,18 cm) berwarna cokelat terang dan mengilap. Imago akan berkembang pada bagian bekas gerekan dan akan menetap di cabang pohon kopi sampai tidak produktif. Gejala serangan yang terjadi pada bagian daun, cabang yang digerogoti menyebabkan layu sampai kering. (Leonardo & Milantara, 2023). Berdasarkan hasil dari observasi yang dilakukan di lapangan serangan ditandai dengan ditemukannya bekas gigitan di bagian bawah cabang. Gejala serangan dimulai Ketika cabang masih berwarna hijau serta terdapat lubang bekas gerekan yang kemudian akan berubah menjadi warna hitam, akan menyebabkan kelayuan di bagian daun. Sehingga akan menyebabkan tanaman kering dan mati secara perlahan.



Gambar 6. 3 Serangan Hama Penggerek Cabang Pada Kopi

(Sumber: Leonardo & Milantara, 2023)

2. Kutu Hijau *Coccus viridis*

Kutu hijau berasal dari Famili *Coccidae* Spesies *Coccus viridis*. Menyerang daun tanaman kopi. Metamorphosis tidak sempurna (telur, nimfa dan imago). Ciri – ciri telur berwarna hijau keputihan diletakkan berkelompok di bawah permukaan daun. Nimfa oval, berwarna hijau kekuningan dengan Imago yang berukuran (2,5 - 5 mm) berwarna hijau muda. Bagian tubuhnya dilapisi dengan perisai.

Mengisap cairan dari jaringan daun dan cabang muda. Menyebabkan perubahan warna pada bagian tanaman yang diserang dan akan berubah dari hijau menjadi kuning selanjutnya akan mengering dan pada Tingkat serangan yang tinggi akan mengakibatkan daun dan buah menjadi rontok. Umumnya serangan akan dilakukan berkelompok pada bagian bawah daun. Serangan hama ini akan meningkat pada musim kemarau hal ini disebabkan oleh kondisi cuaca kering akan mempercepat pertumbuhan dan perkembangan.



Gambar 6. 4 Kutu Hijau

(Sumber: Prastio et al., 2025)

3. Penyakit Utama Tanaman Kopi

Penyakit utama, yaitu karat daun *Hemileia vastatrix*, bercak daun *Cercospora* sp., serta busuk buah *Fusarium sp*., berpotensi mengurangi produktivitas serta kualitas biji kopi. Temuan ini dapat dimanfaatkan untuk pengembangan strategi pengendalian penyakit yang tepat dan berkelanjutan, guna mendukung peningkatan mutu dan hasil produksi kopi Arabika (Waruwu, 2025).

Kelembapan udara seperti musim hujan, tempat persemaian gelap, tanaman pelindung lebat serta intensitas sinar matahari yang berlebihan pada buah dapat memengaruhi perkembangan penyakit pada tanaman. Untuk mengurangi kelembapan dapat dilakukan dengan mengatur waktu penyiraman, memaksimalkan tanaman pelindung sehingga sinar matahari dapat menerangi tanaman. Melakukan sanitasi dengan cara membersihkan bagian tanaman yang terinfeksi (Harni et al., 2015)

4. Penyakit Karat Daun (PKD) - *Hemileia vastatrix*

Penyakit karat daun di tanaman kopi dapat diamati pada kedua permukaan daun, baik atas maupun bawah, yang ditandai dengan munculnya bercak berwarna kuning hingga jingga menyerupai serbuk. Daun yang terinfeksi awalnya menunjukkan bercak kuning yang kemudian berwarna cokelat. Jika diamati dari bagian bawah daun, bercak yang semula berwarna kuning muda akan berwarna kuning tua, disertai tampilan serbuk berwarna oranye atau jingga. Tingkat serangan di Kabupaten Gowa, tingkat serangan penyakit karat daun pada tanaman kopi tercatat cukup tinggi, dengan rata-rata mencapai 59 %(Waruwu, 2025).



Gambar 6. 5 Gejala Penyakit Karat Daun pada Tanaman Kopi

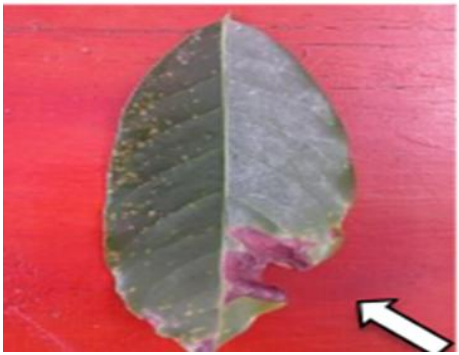
(Sumber: Waruwu, 2025)

Pengendalian penyakit karat daun kopi dapat dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu dengan penggunaan varietas tahan, kultur teknis yaitu penyiangan, pemupukan, pemangkasan, dan pengelolaan naungan. Selain itu dapat pula dilakukan dengan penggunaan fungisida nabati. Salah satu fungisida yang sudah dimanfaatkan penggunaannya adalah ekstrak biji mahoni dengan konsentrasi 0,1-0,2 % yang efektif menekan perkembangan karat daun. Selain itu, bawang putih juga dikenal mampu menekan perkembangan penyakit karat daun (Waruwu, 2025).

5. Penyakit Bercak Daun - *Cercospora coffeicola*

Penyakit bercak daun kopi disebabkan oleh *Cercospora coffeicola*, yang disebut juga brown eye spot, terdapat di semua daerah penanaman kopi di seluruh dunia. Penyakit ini tidak hanya menyerang daun tetapi juga menyerang buah. Kerusakan pada buah dapat menimbulkan kerusakan

yang besar dibandingkan serangan pada daun. Penyakit pada daun terutama menyerang di pembibitan.



Gambar 6. 6 Gejala Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Kopi

(Sumber: Waruwu, 2025)

Gejala serangan pada daun terdapat bercak-bercak bulat, cokelat kemerahan, atau cokelat tua, berbatas jelas, dan konsentris Pada bercak yang tua terdapat pusat berwarna putih kelabu, sering tampak seperti tepung hitam yang merupakan konidium jamur Bercak *C. coffeicola* tampak paling jelas kalau dilihat dari sebelah atas daun, umumnya garis tengah bercak kurang dari 5 mm dan bercincin-cincin. Dalam cuaca lembap dapat terjadi bercak-bercak yang lebih besar. Serangan yang berat dapat menyebabkan rontoknya daun. Gejala pada buah terjadi di sisi yang banyak mendapat sinar matahari. Bercak pada buah menyebabkan kulit buah mengering dan keras sehingga buah sukar dikupas. Gejala pada buah ini mirip sekali. dengan gejala "terbakar matahari", dan hanya dapat dibedakan dengan penelitian mikroskopis (Gambar 6.7).



Gambar 6. 7 Gejala Serangan *C. coffeicola* pada buah Kopi

(Sumber: Dani; Harni et al., 2015)

6. Penyakit Jamur Upas - *Upasia salmonicolor*



Gambar 6. 8 Penyakit Jamur Upas pada Tanaman Kopi

(Sumber: Nurazizah et al., 2023)

Gejala awal serangan dari jamur upas yang ditemukan di lahan petani saat terjadinya infeksi di bagian cabang, sisi bawah cabang serta ranting. Jamur akan membentuk miselium tipis yang menyerupai sarang laba – laba namun belum masuk ke dalam kulit. Bagian tanaman yang dapat diserang adalah cabang, daun, buah, ranting, batang dan tangkai akan layu mendadak serta warna cokelat dan kering merunduk. Dampak yang dapat ditimbulkan dari serangan ham aini menyebabkan tanaman tidak bisa berproduksi secara maksimal hal ini disebabkan adanya infeksi penyakit ini dapat menyebabkan kematian (*dieback*) pada tanaman (Harni et al., 2015). Berbagai pengendalian dapat dilakukan untuk menekan pertumbuhan penyakit ini. Untuk serangan yang tinggi maka akan dilakukan pembongkaran tanaman. Sementara jika serangan ringan dapat dilakukan pemangkasan pada bagian yang terserang. Selanjutnya dilakukan pembakaran (Nurazizah et al., 2023)

C. Strategi Pengendalian Hama Terpadu

Pengendalian hama terpadu (*Integrated Pest Management*) adalah salah satu Upaya yang strategis sebagai Upaya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap berbagai produk yang aman dikonsumsi, menjaga kelestarian lingkungan, serta pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Permasalahan yang terjadi pada Perkebunan kopi rakyat adalah masih minimnya adopsi teknologi. selanjutnya minimnya kualitas hasil dan serta lemahnya penanganan teknologi panen dan pascapanen. Permasalahan di atas nampaknya dapat dipecahkan melalui pengembangan teknologi PHT (Saptana et al., 2005).

PHT dapat meminimalisir terjadinya kerusakan lingkungan. Kegiatan ini berfokus untuk mengurangi input

sintetik dalam budidaya tanaman kopi. Mengurangi penggunaan pestisida kimia dengan memadukan berbagai komponen teknik pengendalian hayati dan aplikasi kimiawi hal ini sesuai dengan INPRES No. 3 Tahun 1986 tentang larangan penggunaan 57 formulasi pestisida kimia untuk tanaman padi. Selanjutnya UU No 12 Tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman yang menyatakan bahwa perlindungan tanaman dilaksanakan dengan sistem PHT (Indiati & Marwoto., 2017).

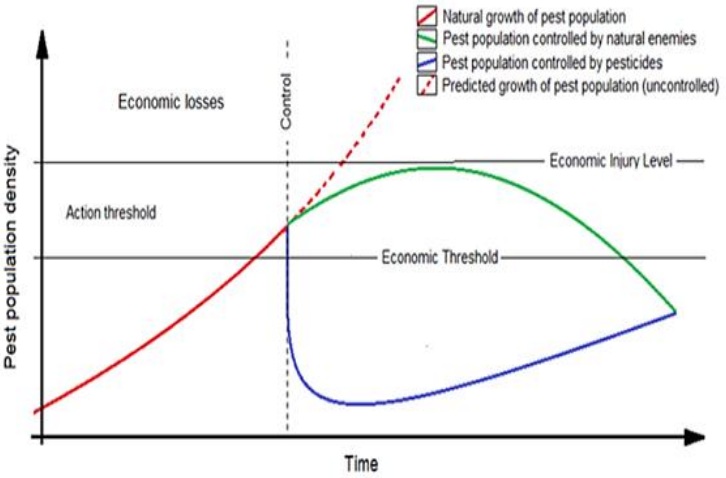
Konsepsi dari pengelolaan hama dan penyakit terpadu tentunya mempertimbangkan manfaat dan biaya serta membuat petani menjadi ahli dalam mengambil keputusan dalam pengelolaan hama dan penyakit secara terpadu di lahan sendiri dengan melakukan pendekatan ekologi dan memanfaatkan berbagai teknik pengendalian yang efektif seperti pengendalian secara hayati, fisik dan mekanik serta berdasarkan dengan peraturan perundang-undangan (Dwisatria et al., 2025).

Strategi pengendalian hama penyakit terpadu memadukan beberapa metode pengendalian hama dan penyakit yang berdasarkan pada asas ekologi dan ekonomi. Dengan melakukan budidaya tanaman yang sehat, menyeimbangkan lingkungan, melestarikan musuh alami, melakukan pemantauan ekosistem, serta menjadikan petani sebagai ahli dalam mengenali hama dan penyakit yang menyerang tanaman (Indiati & Marwoto., 2017).

Konsep ambang ekonomi dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman merupakan bagian dari perkembangan sistem pengelolaan hama yang lebih luas, yang kemudian dikenal sebagai Integrated Pest. Konsep ambang ekonomi dalam pengendalian hama tanaman

merupakan pilar utama dalam strategi pengelolaan hama berbasis ilmiah. Sejak diperkenalkan, konsep ini telah mengalami perkembangan signifikan seiring dengan kemajuan ilmu ekonomi pertanian dan ekologi serangga. Ambang ekonomi bertujuan untuk menyeimbangkan antara efektivitas pengendalian hama dan biaya ekonomi, sehingga tindakan pengendalian hanya dilakukan apabila nilai keuntungan yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengeluaran. Stern et al., (1959) mendefinisikan dua konsep utama dalam ambang ekonomi, yaitu Aras Luka Ekonomi/*Economic Injury Level* (ALE/EIL) dan Ambang Ekonomi/*Economic Threshold* (AE/ET). Management/Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu.

Ambang luka ekonomi (ALE) adalah kepadatan populasi hama terendah yang menyebabkan kerugian ekonomi sehingga membutuhkan biaya pengendalian. Dengan kata lain, ALE Adalah titik kritis di mana kerugian akibat hama sama dengan biaya pengendalian. Aras luka ekonomi (AE) merupakan kepadatan populasi pada hama di mana tindakan pengendalian harus dilakukan untuk mencegah populasi mencapai ALE. AE umumnya lebih rendah dari ALE karena tindakan pengendalian harus dilakukan sebelum kerugian ekonomi.



Gambar 6. 9 Diagram Ambang Ekonomi (*Economic Threshold*) dan Aras Luka Ekonomi (*Economic Injury Level*) dalam pengendalian Hama dan Penyakit

(Sumber: Zielonka, 2021 dalam Dwisatria et al., 2025)

Penentuan ambang ekonomi dilakukan dengan pendekatan kuantitatif yang mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk dinamika populasi hama, tingkat kerusakan tanaman, nilai ekonomi hasil pertanian, serta efektivitas dan biaya pengendalian (Dwisatria et al., 2025). Komponen pengendalian hama dan penyakit Adalah (varietas tahan, kultur teknis, hayati, pestisida). Tahapan pelaksanaan dapat dilaksanakan secara tunggal dan menggabungkan beberapa metode pengendalian komponen sesuai tanpa merusak lingkungan (Permana & Masrilurrahman., 2021).

1. Teknologi Kultur Teknis

Pengendalian kultur teknis atau pengelolaan hama "*bottom-up*" Adalah Upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan produk yang sehat secara maksimal. Tahapan pelaksanaannya terdiri dari pengelolaan habitat yang terdiri dari tanah dan air, nutrisi tanaman, serta pengelolaan hama dan penyakit tanaman (Rasiska, 2022).

2. Pengendalian Hayati (Biologis)

Kerapatan spora *B. bassiana* 107 meningkatkan persentase mortalitas PBKo sebesar 71,66%. Dengan kerapatan spora menyebabkan kontak propagul dengan serangga uji sehingga akan mempercepat terjadinya infeksi. Hal ini akan lebih efektif jika didukung dengan kondisi lingkungan untuk memaksimalkan perkecambahan serta perkembangan dari spora (Marleni, Swibawa & Aen, 2013).

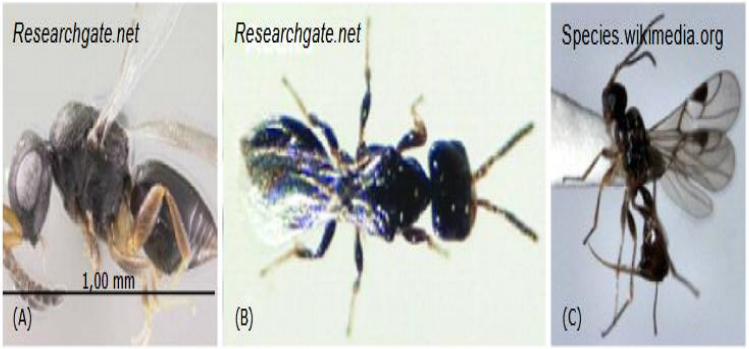
3. Pemanfaatan Musuh Alami dan Predator

Jenis predator yang dapat mengendalikan PBKo yang telah teridentifikasi berasal dari famili Formicidae, Anthocoridae serta Cathartus quadricollis. Genus *formicidae* yang dapat menekan PBKo yaitu *Solenopsis, Pheidole, Wasmannia, Paratrechina, Crematogaster, Brachymyrmex,* dan *Prenolepis*. Semut *Crematogaster curvispinosus* dapat memangsa telur dan larva. Famili Anthocoridae (*Calliodes* dan *Scoloposcelis*).

Parasitoid yang dapat memarasit PBKo adalah (*Cephalonomia stephanoderis, Prorops nasuta, Phymastichus coffea, Heterospilus coffeicola, dan Cryptoxilos* sp.) *C. stephanoderis* dapat memarasit PBKo dengan cara meletakkan telurnya pada fase kepompong. *P. nasuta* adalah parasitoid ektoparasit soliter memarasit imago *H.*

hampei dengan periode preoviposition yang berkisar 3 sampai 14 hari dengan cara meletakkan telur pada bagian luar larva atau pupa. Dan akan berkembangan setelah menetas dan menginfeksi larva atau pupa *H. hampei*.

Pemanfaatan *H. coffeicola Schneideknecht*. Tahapan paratisasi dimulai dari imago Betina *H. coffeicola* akan meletakkan telur di dalam tubuh, setelah menetas fase larva akan memangsa PBKo. *Cryptoxilos* sp. Adalah endoparasit imago akan meletakkan telur pada bagian badan imago. Pada fase larva, akan meninggalkan jejak seperti lapisan yang berwarna abu – abu pada lubang masuk di buah kopi hal ini bertujuan sebagai tanda untuk menghindari adanya parasite lain.



Serangga *P. nasuta* (A), *C. stephanoderis* (B), dan *Cryptoxilos* (C)

Gambar 6. 10 Musuh alami PBKo

(Sumber: Rahayu, 2018)

4. Penggunaan Feromon dan Perangkap (Contoh: Perangkap PBKo)



Gambar 6. 11 Atraktan PBKo

(Sumber: Anindita et al., 2023)

Penggunaan senyawa atraktan dapat menarik imago betina *Hypothenemus hampei*. Senyawa atraktan ini dapat dikemas dalam bentuk kemasan saset (Anindita et al., 2023).

5. Pengendalian dengan pestisida

Pestisida sintetik masih diminati oleh Masyarakat dalam mengendalikan hama PBKo. Jenis bahan aktif *ametryne, cyproconazole, diuron, epoxiconazole, flutriafol, triadimenol, triazophos, thiamethoxam, iprodione, endosulfan, pendimethalin, chlorpyrifos, copper II hydroxide, etion, epoxiconazole, paraquat dichloride*. Jenis bahan aktif ini berbahaya serta berpotensi membahayakan lingkungan (Rasiska, 2022). Aplikasi insektisida Anthio 330 EC dan Supracide 40 EC pada konsentrasi 0,2%. Dapat

mengendalikan Kutu Hijau *Coccus viridis* (Prastio et al, 2025). Metode pengendalian lain yang dapat dikombinasikan dengan pestisida sintetik Adalah penggunaan biopestisida dengan memanfaatkan ekstrak tanaman. Penggunaan Adalah ekstrak Ramayana *Cassia spectabilis* dan Tembakau *Nicotiana tabacum* 30 ml/L dengan frekuensi 4 kali dalam satu bulan dapat mengendalikan kutu putih (Taupiq et al., 2024) dalam (Mubaroq, 2024). Sanitasi kebun dan pembuatan rorak dapat mengatasi gulma serta meminimalisir perkembangan hama dan penyakit di bagian bawah tanaman (Mubaroq, 2024).

Faktor yang memengaruhi efektivitas diseminasi dan adopsi teknologi PHT Kopi rakyat. Budidaya kopi yang minim input senyawa sintetik, adanya perbaikan pada kegiatan panen dan pasca panen untuk menjaga kualitas hasil produksi, meningkatkan keterampilan petani dalam mengenali dan mengidentifikasi hama, penyakit, gulma dan musuh alami. Faktor sosial dan kelembagaan. Terbentuknya semangat gotong royong, Terbentuknya koperasi kelompok tani yang dapat memudahkan kelompok tani dalam penanganan panen, pasca panen serta pemasaran hasil produksi tanaman kopi. Faktor penentu tingkat keberhasilan pada proses transfer, dilihat dari prioritas komponen pada pengendalian hama yang menunjukkan adanya penurunan penggunaan pupuk kimia.

DAFTAR PUSTAKA

Anindita, D. C., Nareswari, A. H. P., & Saputra, Y. (2023). Sosialisasi pengendalian hama penggerek buah kopi (PBKo) di KTH Tani Makmur Desa Ngulurup, Kecamatan Sendang, Kabupaten Tulungagung *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, *7*(3), 1948. https://doi.org/10.31764/jpmb.v7i3.17236

Butar & Siregar. (2024). Aplikasi Sistem Pakar Kopi Mendeteksi Hama Kopi Di Desa Telagah Kecamatan Sei Bingai Kabupaten Langkat. *Jurnal Agroteknologi*, *15*(1), 59. https://doi.org/10.24014/ja.v15i1.28276

Dwisatria et al. (2025). *Pengantar Pengelolaan Terpadu Hama dan Penyakit tanaman*.

Faizin, A., & Nailil Maghfiroh, C. (2023). Pengaruh Rorak Terhadap Serangan Hama Pada Tanaman Kopi Robusta (Coffea Robusta L.). *Agrosaintifika*, *5*(2), 54–67. https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v5i2.3638

Harni et al. (2015). Teknologi Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman Kopi. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).

Indiati & Marwoto. (2017). *Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada Tanaman Kedelai*. 87–100.

Leonardo, V., & Milantara, N. (2023). Pets and deases of arabica cofffe (Coffea arabika) in HKM Solok Distric West Sumatera Province. *Sylva Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan*, *12*(1), 12. https://doi.org/10.32502/sylva.v12i1.7041

Lumbanraja, et al. . (2021). Sistem Pakar Diagnosis Hama

Dan Penyakit Tanaman Kopi Menggunkan Metode Breadth First Search (BFS) Berbasis Web. *Yayasan Kita Menullis*, *11*(1), 1–9. https://www.academia.edu/download/36226651/PERBANDINGAN_SISTEM_AKUNTANSI_KOMERSIL_DAN_PEMERINTAH.pdf

Mubaroq, et al. (2024). *Identifikasi dan Analisis Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Kopi Robusta (Coffea Canephora) di Desa Curahpoh , Curahdami , Bondowoso*. *7*, 1–8. https://doi.org/10.30595/pspfs.v7i.1191

Nurazizah et al. (2023). *Intensitas Serangan Penyakit Jamur Upas (Erythricium salmonicolor B et Br) Pada Lahan Kopi Arabika Organik Dan Anorganik Di Kebun Petani Binaan Koperasi Usaha Tani Gayo Kabupaen Aceh Tengah*. *19*(2), 415–422.

Permana & Masrilurrahman. (2021). Identifikasi tingkat kerusakan pada tanaman kopi yang di sebabkan oleh hama di Desa karang Sidemen Kacamatan Batukliang Utara kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Silva Samalas Journal of Forestry and Plant Science*, *4*(2), 39–44.

Prastio et al. (2025). *Identifikasi Hama Dan Strategi Pengendalian Pada Perkebunan Kopi Arabika (Coffea arabika L .) Di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo Pest Identification and Control Strategy on Arabica Coffee Plantations (Coffea arabica L .) in Naman Teran District , K*. *6*(2), 145–156. https://doi.org/10.34007/jonas.v6i2.932

Rasiska, S. (2022). Innovation Development of Coffee Berry Borrer (Hypothenemus hampei Ferr.) Pest Control Technology and Their Effectiveness. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, *4*(2), 62.

https://doi.org/10.24198/cropsaver.v4i2.36257

Safitri, et al. . (2025). Identifikasi hama tanaman kopu di Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Agrotropika*, *24*(2), 240–256.

Saptana et al. (2005). *Analisis Kelembagaan Pengendalian Hama Terpadu Mendukung Agribisnis Kopi Rakyat Dalam Rangka Otonomi Daerah Saptana, Tri Panaji, Herlina Tarigan Dan Adi Setianto*.

Siregar et al. (2023). Pengendalian Hama Terpadu Menggunakan Yellow Sticky Trap Meningkatkan Produktivitas Kopi Di Telagah. *Jurnal BUDIMAS*, *05*(02), 1–7.

Waruwu. (2025). Observasi Penyakit pada Tanaman Kopi Arabika (Coffea arabika L.) di Perkebunan Kopi Solok Radjo. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, *7*(2), 699–707.

BAB 7
MANAJEMEN PANEN KOPI: PENENTUAN KEMASAKAN, TEKNIK PEMETIKAN, DAN SORTASI

Oleh Dr. Reta, S.T.P., M.Si.

A. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan nasional yang strategis sebagai sumber pendapatan masyarakat serta dapat mendatangkan devisa negara. Indonesia sebagai negara agraris sekaligus negara produsen utama kopi dunia, peningkatan produksi dan kualitas produk merupakan dua faktor utama yang harus selalu mendapat perhatian.

Menurut Leroy et al. (2006) bahwa prekursor pada kopi akan dipengaruhi oleh daerah asal tempat tumbuh dengan sifat-sifat genetik yang dimiliki oleh kopi, kondisi tanah-iklim (Bertrand et al., 2006), teknik pengolahan dalam pertanian (Vaast et al., 2006), kondisi penyimpanan serta teknik pascapanen (Selmar et al., 2006) perbedaan spesifik lainnya adalah tentang teknik pengolahan sesuai dengan negara asal dari kopi tersebut. Misalnya, teknik pascapanen yang dilakukan di negara Meksiko melakukan teknik pengolahan secara kering (Bailly et al., 1992a), di negara Kenya dilakukan teknik fermentasi dengan cara merendam di dalam air sehingga fermentasi tidak

berlebihan (Vincent, 1971; Mburu, 1999). Dengan berdasarkan jenis dan cara pengolahan pascapanen sehingga kualitas kopi mentah diharapkan terbentuk senyawa- senyawa tertentu.

Panen merupakan titik kritis dalam rantai pasok kopi karena menjadi "gerbang" mutu: buah yang dipetik pada tingkat kemasakan yang tepat dan ditangani secara higienis akan memberikan potensi cita rasa lebih tinggi serta menurunkan risiko cacat (fermentasi tidak terkendali, benda asing, atau biji cacat). Dalam banyak sistem budidaya, kemasakan buah kopi tidak seragam pada satu pohon atau satu kebun karena pembungaan bisa terjadi bertahap, dipengaruhi varietas, ketinggian tempat, naungan, dan dinamika curah hujan (Wintgens, 2004; Winston et al., 2005).

Di Indonesia, praktik panen campuran (buah hijau–kuning–merah–kering dipetik bersamaan) masih ditemukan terutama ketika tenaga kerja terbatas. Praktik ini cenderung meningkatkan biaya sortasi, memperbesar variasi fermentasi, dan menurunkan konsistensi mutu. Pedoman teknis pascapanen dari Kementerian Pertanian menekankan pentingnya memanen buah matang (cereja merah) dan melakukan sortasi awal untuk menekan cacat (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2012).

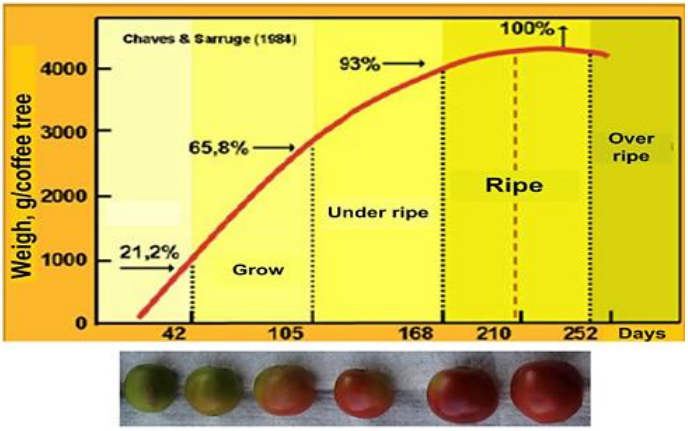
Bab ini membahas manajemen panen kopi secara terintegrasi mulai dari penentuan kemasakan, teknik pemetikan, hingga sortasi buah dan biji. Fokusnya adalah bagaimana mengambil keputusan panen yang dapat diulang (*repeatable*) melalui indikator sederhana di lapangan, disertai opsi teknik pemetikan sesuai konteks kebun, serta rancangan alur sortasi yang efisien.

Peta Konsep

Penentuan kemasakan (indikator & ambang panen) → Pemilihan teknik pemetikan (selektif/strip/mekanis) → Penanganan di kebun (wadah, kebersihan, waktu angkut) → Sortasi buah (manual & apung) → Mutu bahan baku (keseragaman, cacat, risiko fermentasi) → Mutu akhir kopi.

B. Konsep Manajemen Panen dan Ruang Lingkup

Manajemen panen kopi adalah pengaturan terpadu mengenai kapan panen dilakukan, bagaimana buah dipetik, bagaimana buah ditangani setelah dipetik, dan bagaimana sortasi dilakukan untuk memastikan bahan baku seragam dan sesuai target mutu. Tujuan utamanya meliputi: (1) memanen pada puncak kemasakan, (2) meminimalkan buah mentah/*overripe*, (3) mencegah kontaminasi dan kerusakan mekanis, serta (4) mempercepat aliran buah dari kebun ke proses berikutnya (FAO, n.d.; ICO, 2002).



Gambar 7. 1 Prinsip Dasar Panen kopi dengan Jumlah Minggu

Kunci keputusan manajemen panen

- Target pasar dan mutu: kopi komersial dan *specialty* (tuntutan keseragaman lebih tinggi pada *specialty*).
- Varietas dan lingkungan: kemasakan tidak serempak dipengaruhi varietas, ketinggian, naungan, dan distribusi pembungaan.
- Ketersediaan tenaga kerja dan biaya panen: selektif membutuhkan lebih banyak hari kerja.
- Kesiapan sarana pascapanen: kapasitas angkut, pulper, tempat sortasi, dan jadwal proses.



Gambar 7. 2 Faktor Kunci Keputusan Manajemen Panen Kopi

C. Penentuan Kemasakan Buah Kopi

Kemasakan buah kopi (*coffee cherry ripeness*) adalah kondisi fisiologis ketika buah mencapai perkembangan optimum sehingga kandungan gula, asam, dan prekursor aroma berada pada titik ideal untuk menghasilkan citarasa terbaik. Pada banyak kultivar Arabika, indikator utama

kemasakan adalah perubahan warna kulit buah menuju merah (atau kuning pada varietas tertentu), disertai tekstur lebih lunak dan pulp lebih manis (FAO, n.d.; Osorio Pérez et al., 2023).

Penentuan kemasakan bertujuan menetapkan kapan suatu blok kebun layak dipanen, serta bagaimana pemisahan lot dilakukan agar mutu konsisten. Dalam praktik, kombinasi indikator visual dan pengukuran sederhana (misalnya total padatan terlarut/*Brix*) memberikan hasil lebih andal dibanding hanya satu indikator (Silva et al., 2014; Velásquez et al., 2021).

1. Indikator praktis kemasakan di lapang

Indikator visual paling praktis adalah perubahan warna kulit buah. Untuk banyak varietas, warna merah merata menjadi penanda utama buah matang. Namun, beberapa kultivar memiliki warna matang kuning atau jingga (misalnya '*Yellow Bourbon'*), sehingga petani perlu mengenali ciri spesifik varietas setempat (Wintgens, 2004). Selain warna, indikator fisik yang dapat diamati:

- Warna kulit buah: hijau (mentah), hijau kekuningan (setengah matang), merah (matang), merah tua–kehitaman (*overripe*).
- Tekstur/ketegaran buah: buah matang lebih lunak tetapi tidak lembek; buah mentah lebih keras.
- Kemudahan lepas: buah matang umumnya mudah dipetik tanpa menarik cabang, tetapi tetap perlu teknik yang benar.
- Uji apung (indikator tidak langsung): buah hampa/terserang hama sering mengapung; namun uji apung tidak menggantikan seleksi warna.

- Kondisi kulit: buah terlalu matang cenderung lembek; buah kering keriput dan mudah pecah.



Gambar 7. 3 Skala Visual Kemasakan Buah Kopi

Buah kopi (*cherry*) mengalami fase perkembangan dari hijau (pembentukan biji), fase pembesaran, hingga pematangan yang ditandai perubahan warna kulit buah akibat akumulasi pigmen. Pada fase pematangan, terjadi perubahan komposisi kimia seperti peningkatan gula sederhana dan perubahan senyawa prekursor aroma yang kelak memengaruhi profil rasa setelah sangrai (Silva et al., 2014; Zhao et al., 2023).

Buah yang dipanen terlalu muda (hijau/mentah) cenderung menghasilkan seduhan dengan sensasi astringen, "*grassy*", dan *body* tipis, sedangkan buah terlalu matang atau kering di pohon meningkatkan risiko cita rasa "*overripe*", *ferment*, serta cacat seperti mold atau "*stinker*" jika penanganan tidak tepat (Wintgens, 2004; Winston et al., 2005).

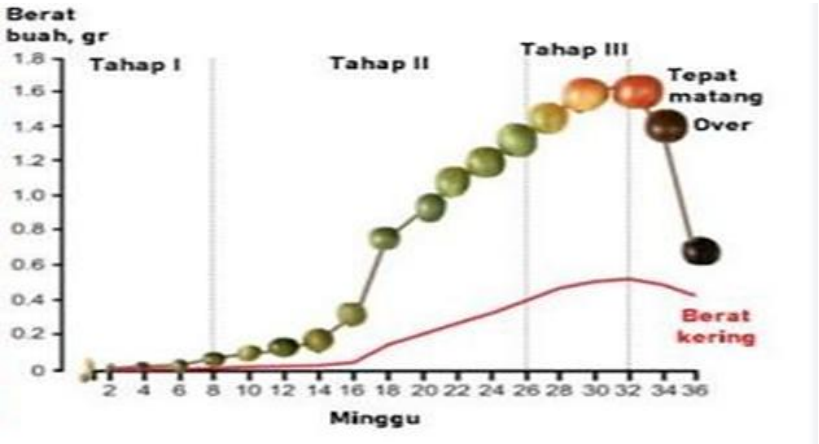
Tabel 7. 1 Tahap Kemasakan Buah Kopi dan Implikasi Mutu

Tahap Kemasakan	Ciri Lapang Utama	Risiko Mutu Bila Tercampur
Mentah (hijau) 	Kulit hijau, buah keras, pulp kurang manis	Rasa sepat/rumputan, *astringent, body* tipis; ukuran biji kecil
Setengah matang 	Hijau kekuningan/kemerahan, mulai lunak	Citarasa kurang berkembang; ketidakseragaman sangrai
Matang (puncak) 	Merah (atau kuning pada varietas tertentu), pulp manis, mudah dipetik	Target mutu terbaik; seragam bila didominasi buah matang
Overripe 	Merah tua–kehitaman, sangat lunak, sebagian mulai mengering	Rasa *ferment/overripe, "past crop",* potensi jamur, peningkatan cacat

Kering di pohon 	Buah mengering, keriput, sering berwarna cokelat/gelap	Rasa *woody/papery;* peningkatan *defect* dan kontaminan

2. Menetapkan ambang panen

Secara operasional, ambang panen ditetapkan sebagai persentase buah matang pada pohon atau pada petak panen. Untuk mutu tinggi, praktik umum adalah memanen hanya buah matang (petik merah) dan melakukan beberapa kali petikan berulang (*multiple rounds*) selama musim panen. Di tingkat kebun, ambang panen dapat disepakati misalnya 'minimal 80–90% buah matang pada cabang yang dipetik' atau 'buah merah saja yang masuk keranjang' (ICCRI, 2021; Kazama et al., 2021).



Gambar 7. 4 Alur Menetapkan Ambang Panen Berbasis Persentase Buah Matang

3. Indikator visual dan fisik di lapangan

Indikator visual paling praktis adalah perubahan warna kulit buah. Untuk banyak varietas, warna merah merata menjadi penanda utama buah matang. Namun, beberapa kultivar memiliki warna matang kuning atau jingga (misalnya '*Yellow Bourbon'*), sehingga petani perlu mengenali ciri spesifik varietas setempat (Wintgens, 2004). Selain warna, indikator fisik yang dapat diamati:

- Tekstur/kelunakan: buah matang relatif lebih kenyal, tidak terlalu keras seperti buah hijau.
- Kemudahan lepas: buah matang mudah dipetik dengan gerakan memutar ringan tanpa menarik ranting.
- Kondisi kulit: buah terlalu matang cenderung lembek; buah kering keriput dan mudah pecah.

4. Indikator fisik-kimia (opsional) untuk mutu lebih stabil

Untuk kebun yang menargetkan mutu tinggi atau ingin mengurangi subjektivitas penilaian warna, pengukuran fisik-kimia dapat dilakukan secara sampling. Dua indikator yang sering digunakan adalah:

- Total padatan terlarut (°Brix) pada mucilage/pulp sebagai proksi akumulasi gula; penelitian menunjukkan hubungan antara Brix, informasi kolorimetri, dan parameter mutu seduhan (Silva et al., 2014).
- Kekerasan (*firmness*) atau sifat mekanik buah yang berubah seiring pematangan; beberapa studi mengembangkan metode non-destruktif berbasis

getaran atau citra untuk mengklasifikasi tingkat kematangan (Rincon-Jimenez et al., 2021; Velásquez et al., 2021).

- Pengukuran Brix dilakukan dengan refraktometer tangan. Praktik baiknya: ambil contoh *pulp/ mucilage* dari beberapa buah dalam satu sampel, aduk merata, lalu ukur. Nilai Brix absolut dapat bervariasi antar varietas dan lokasi, sehingga yang lebih penting adalah konsistensi metode dan tren peningkatannya menjelang panen.

5. Indikator kalender fenologi dan "*window*" panen

Selain indikator visual, kemasakan dapat diperkirakan dari kalender fenologi: waktu dari pembungaan hingga buah matang dipengaruhi suhu, elevasi, dan varietas. Beberapa penelitian menggunakan konsep *Days After Flowering* (DAF) untuk memetakan tahap kematangan secara lebih objektif (Velásquez et al., 2021). Di lapangan, pencatatan puncak bunga dan estimasi minggu panen membantu perencanaan tenaga kerja serta kesiapan alat proses.

6. Sampling dan indeks kemasakan untuk keputusan panen

Keputusan "mulai panen" sebaiknya berbasis sampling yang representatif. Langkah umum yang dapat diterapkan:

- Tentukan unit keputusan (blok kebun/hamparan homogen): varietas, umur tanaman, elevasi, dan naungan relatif seragam.
- Ambil sampel tanaman secara acak sistematis (misal zig-zag); pilih 10–20 pohon per blok (sesuaikan luas).

- Dari tiap pohon, hitung jumlah buah per kategori warna pada 2–4 cabang produktif (hijau, transisi, merah, overripe/kering).
- Hitung persentase buah merah (% merah) dan gunakan ambang keputusan. Target umum untuk petik pilih: ≥ 80–90% buah merah pada sampel.
- Jika belum memenuhi ambang, tunda 3–7 hari dan ulangi sampling.

Ambang di atas perlu disesuaikan dengan target pasar dan kapasitas pengolahan. Bila fasilitas proses terbatas, lebih baik memanen dalam lot kecil tetapi segera diproses daripada menunggu volume besar yang berisiko fermentasi tidak terkendali (Winston et al., 2005; Direktorat Jenderal Perkebunan, 2012).

7. Faktor yang memengaruhi kemasakan dan strategi adaptasi

Beberapa faktor yang menyebabkan kemasakan tidak seragam:

- Pembungaan bertahap akibat distribusi hujan yang tidak merata.
- Perbedaan intensitas cahaya (naungan, orientasi lereng) yang memengaruhi perkembangan buah.
- Perbedaan varietas atau klon dalam satu hamparan.
- Pemupukan dan kesehatan tanaman (defisiensi hara atau serangan hama/penyakit dapat memperlambat pematangan).
- Strategi adaptasi meliputi: pemanenan bertahap (beberapa kali petik), pemetaan blok homogen, serta

penetapan lot terpisah untuk buah overripe/kering. Pada sistem yang menerapkan manajemen zona berdasarkan hasil dan kematangan, panen selektif per zona dapat meningkatkan efisiensi dan mutu (Kazama et al., 2021).

D. Perencanaan dan Organisasi Panen

Perencanaan panen bertujuan menyeimbangkan tiga hal: (1) mutu buah, (2) ketersediaan tenaga kerja, dan (3) kapasitas fasilitas pascapanen (*pulping,* fermentasi, pencucian, pengeringan). Tanpa perencanaan, buah sering menumpuk sehingga terjadi pemanasan dan fermentasi liar sebelum diproses (Winston et al., 2005).

1. Penjadwalan panen dan frekuensi petik

Pada petik pilih, panen dilakukan beberapa putaran (*round*) dengan interval 7–14 hari tergantung kecepatan pematangan. Untuk daerah dengan pematangan cepat atau hujan saat panen, interval lebih rapat sering diperlukan agar buah tidak *overripe*. Pencatatan hasil perputaran membantu evaluasi produktivitas pemetik dan pemutakhiran kalender panen.

2. Persiapan alat, wadah, dan sanitasi

Alat dan wadah panen sebaiknya bersih, kering, dan tidak berbau. Gunakan keranjang/peti berlubang (ventilasi) untuk mengurangi pemanasan. Hindari karung plastik tertutup untuk buah segar karena memerangkap panas dan mempercepat fermentasi. Pedoman pascapanen menekankan perlunya menghindari kontaminasi benda asing dan menjaga kebersihan area penampungan (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2012).

3. Ketelusuran (*traceability*) dan pemisahan lot

Ketelusuran minimal yang disarankan pada level kebun mencakup: tanggal panen, blok/kode kebun, varietas, metode panen, dan estimasi proporsi buah merah. Setiap lot sebaiknya diberi label pada wadah penampungan dan diproses terpisah. Pemisahan lot memudahkan pengendalian mutu, identifikasi sumber masalah, dan pemenuhan persyaratan pasar premium.

4. Waktu tempuh ke tempat proses dan batas waktu aman

Buah kopi bersifat hidup (respirasi) dan mudah mengalami peningkatan suhu jika ditumpuk. Praktik baik adalah memproses buah sesegera mungkin idealnya pada hari yang sama. Sebagai pedoman operasional, upayakan buah masuk proses dalam ≤ 8–12 jam setelah dipetik terutama pada kondisi panas/lembap (Winston et al., 2005; Direktorat Jenderal Perkebunan, 2012).

E. Teknik Pemetikan Kopi (*Harvesting Techniques*)

Teknik pemetikan adalah cara mengambil buah dari cabang. Pemilihan teknik harus mempertimbangkan target mutu, biaya tenaga kerja, kemudahan pengawasan, dan karakter kemasakan yang sering tidak serempak pada satu pohon.

1. Petik Merah Selektif (*Selective Picking*)

Petik merah selektif adalah pemetikan manual yang hanya mengambil buah matang. Teknik ini paling disukai untuk kopi bermutu tinggi karena menghasilkan bahan baku lebih seragam. Konsekuensinya adalah kebutuhan tenaga kerja

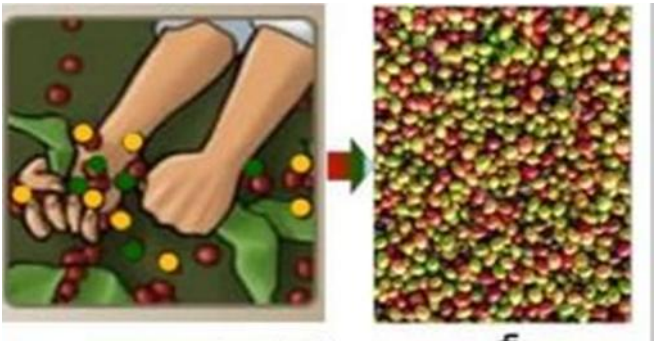
lebih besar karena pemetikan dilakukan berulang kali sepanjang musim panen (FAO, n.d.; ICCRI, 2021).



Gambar 7. 5 Ilustrasi Petik Merah Selektif: Hanya Buah Matang yang Dipetik

2. Petik Strip (*Strip Picking*)

Petik strip adalah pemetikan dengan menarik buah sepanjang cabang sehingga buah mentah, matang, dan overripe ikut terambil. Metode ini lebih cepat dan murah tetapi meningkatkan beban sortasi serta risiko penurunan mutu. Petik strip umumnya dipakai pada kebun dengan keseragaman kemasakan tinggi atau ketika keterbatasan tenaga kerja sangat ketat (ICCRI, 2021).



Gambar 7.5 Ilustrasi Petik Strip: Buah pada Ranting Dipanen Serentak

3. Pemanenan mekanis

Pada skala perkebunan luas dan topografi mendukung, pemanenan mekanis (misalnya menggunakan *shaker/harvester*) dapat meningkatkan efisiensi. Namun pengaturan mesin, tingkat kemasakan, dan sortasi menjadi sangat penting agar tidak terjadi kerusakan buah dan pencampuran kemasakan yang tinggi (Kazama et al., 2021).

Tabel 7. 2 Perbandingan Ringkas Teknik Pemetikan Kopi

Aspek	Petik Merah Selektif	Petik Strip	Mekanis
Target mutu	Sangat tinggi (bahan baku seragam)	Sedang–rendah (perlu sortasi berat)	Bervariasi; tergantung pengaturan dan sortasi
Kecepatan panen	Sedang–lambat	Cepat	Sangat cepat

Biaya tenaga kerja	Tinggi	Lebih rendah	Tinggi di investasi, rendah di operasi (tergantung skala)
Risiko kerusakan buah	Rendah bila teknik benar	Sedang (gesekan/tertekan)	Sedang–tinggi bila setelan tidak tepat
Kebutuhan sortasi	Sedang (kontrol tetap perlu)	Sangat tinggi	Tinggi (grading & pembersihan)

(Sumber: Disarikan dari ICCRI, 2021 dan Kazama et al., 2021)

4. Prosedur kerja petik merah (SOP ringkas)

a. Persiapan: *briefing* target mutu (buah matang saja), siapkan keranjang/ember bersih, sarung tangan bila diperlukan, dan gunting pangkas untuk ranting pengganggu (bukan untuk memotong buah).

b. Pemetikan: pegang cabang dengan satu tangan, petik buah matang dengan gerakan memutar/menekan lembut agar tangkai lepas tanpa merusak ruas.

c. Pemisahan di tempat: segera pisahkan buah cacat (terserang hama, busuk) dan kotoran (daun, ranting).

d. Pengisian wadah: jangan menekan/menumpuk berlebihan; hindari karung yang membuat buah tertekan dan panas.

e. Pengumpulan & pengangkutan: bawa ke tempat sortasi/olah sesegera mungkin (idealnya hari yang sama) untuk mencegah fermentasi tak terkendali.



Gambar 7. 6 Alur SOP Ringkas Panen Petik Merah Hingga Sortasi Lapang

5. Keselamatan dan higienitas kerja

- Gunakan alas kaki yang aman (anti selip) terutama di kebun miring dan saat kondisi basah.
- Hindari memanjat cabang rapuh; gunakan alat bantu panen yang aman jika diperlukan.
- Wadah panen wajib bersih dan tidak berbau; hindari wadah bekas bahan kimia.

- Pisahkan buah yang jatuh ke tanah (*ground coffee*) karena berisiko kontaminasi; olah terpisah bila tetap dimanfaatkan.

F. Penanganan Buah Setelah Dipetik (*Handling* di Kebun)

Buah kopi yang sudah dipetik masih melakukan respirasi dan mudah memanas bila ditumpuk. Penanganan yang lambat atau wadah yang tidak tepat dapat memicu fermentasi awal, pertumbuhan mikroba, serta peningkatan cacat fisik (memar/pecah). Karena itu, manajemen panen perlu menetapkan alur logistik dari pohon → titik kumpul → sortasi → pengolahan berikutnya (FAO, n.d.).

Praktik kunci penanganan buah

- Waktu: lakukan sortasi awal dan pengolahan secepat mungkin; hindari menyimpan buah semalaman tanpa kontrol.
- Ventilasi: gunakan keranjang berlubang/ember bersih; hindari penumpukan yang membuat buah 'terkukus'.
- Kebersihan: area kumpul bersih, terlindung dari tanah dan hewan; gunakan terpal bersih bila perlu.
- Pemisahan lot: pisahkan berdasarkan kebun/petak, tanggal panen, varietas, dan metode panen untuk pelacakan mutu (*traceability*).

G. Sortasi Buah Kopi: Manual dan Metode Apung

Sortasi adalah proses memisahkan buah berdasarkan kemasakan, cacat, ukuran, dan kontaminan. Sortasi yang dilakukan sedini mungkin akan mengurangi beban proses berikutnya dan meningkatkan konsistensi mutu. Sortasi dapat dilakukan bertahap: (1) sortasi lapang (di kebun), (2) sortasi di tempat kumpul, dan (3) sortasi basah menggunakan air (*flotation*) sebelum pulping atau sebelum pengeringan pada proses natural. (FAO, n.d.; BSN, 2008)

1. Sortasi Buah di Kebun dan Penerimaan

Sortasi awal dapat dimulai di kebun: pemetik memisahkan buah merah dan buah cacat (hijau, kering, berlubang hama, busuk). Pada saat penerimaan di unit proses, lakukan pemeriksaan cepat untuk benda asing (daun, batu), serta pengecekan proporsi buah merah sebagai verifikasi kualitas lot.

- Pisahkan buah mentah (hijau) dan overripe ekstrem sebelum masuk wadah utama.
- Buang/olah terpisah buah busuk, berjamur, atau terserang hama berat.
- Singkirkan daun, ranting, batu, dan benda asing lainnya.




Gambar 7. 7 Contoh Tata Letak Sederhana Area Sortasi Lapang (Terpal/Meja Sortasi)

2. Sortasi dengan Air (*Floatation*)

Uji apung memanfaatkan perbedaan densitas. Buah hampa, terserang hama tertentu, atau terlalu kering cenderung mengapung, sedangkan buah sehat dan berisi cenderung tenggelam. Prosedur umum: masukkan buah ke bak air bersih, aduk perlahan, kumpulkan buah mengapung untuk diolah terpisah, lalu tiriskan buah tenggelam. Catatan: uji apung bukan penentu kemasakan; tetap perlukan seleksi warna (FAO, n.d.; BSN, 2008).



Gambar 7. 8 Skema Metode Apung (*Floatation*) untuk Memisahkan Buah Ringan/Hampa

Tabel 7. 3 Contoh Kriteria Sortasi Buah Kopi dan Tindakan Korektif

Kategori	Contoh temuan	Tindakan
Kemasakan	Buah hijau atau setengah matang	Pisahkan; olah terpisah (produk komersial) atau keluarkan dari *lot specialty*
Overripe/busuk	Buah sangat gelap, lembek, berbau ferment	Buang/olah terpisah; perbaiki jadwal panen dan frekuensi petikan
Cacat fisik	Buah pecah/memar berat akibat tekanan	Kurangi penumpukan; ganti wadah dan tata cara angkut

Kontaminan	Daun, ranting, batu, tanah	Bersihkan; benahi kebersihan titik kumpul dan wadah panen
Floaters	Buah mengapung pada uji apung	Olah terpisah; evaluasi serangan hama/ buah hampa dan praktik budidaya

(Sumber: Disarikan dari FAO (n.d.) dan BSN (2008)



Gambar 7. 9 Ilustrasi Beberapa Contoh Cacat Fisik Pada Biji Kopi

Miskonsepsi dan Kesalahan Umum

- 'Semakin gelap semakin bagus': buah overripe dapat menimbulkan rasa *ferment/woody* dan meningkatkan risiko jamur (ICCRI, 2021; Specialty Coffee Association, 2025).

- Mencampur semua buah untuk 'nanti disortir': sortasi terlambat meningkatkan kerusakan dan beban kerja; sortasi paling efektif dilakukan sedini mungkin (FAO, n.d.).
- Menimbun buah dalam karung tertutup: buah memanas, memar, dan mudah fermentasi tak terkendali.
- Menganggap uji apung sebagai penentu kemasakan: floatation lebih tepat untuk mendeteksi buah hampa/cacat densitas, bukan menggantikan seleksi warna (FAO, n.d.; BSN, 2008).
- Tidak memisahkan buah jatuh ke tanah: berisiko kontaminasi dan dapat menurunkan mutu lot utama.

Rangkuman

- Mutu kopi sangat dipengaruhi oleh keseragaman kemasakan buah saat panen.
- Indikator kemasakan utama adalah warna kulit buah, didukung tekstur dan kemudahan lepas buah.
- Petik merah selektif menghasilkan mutu terbaik tetapi membutuhkan panen berulang dan tenaga kerja lebih besar.
- Petik strip dan pemanenan mekanis meningkatkan kecepatan panen, namun menaikkan beban sortasi dan risiko penurunan mutu.
- Penanganan buah setelah dipetik harus cepat, bersih, berventilasi, dan meminimalkan penumpukan untuk mencegah pemanasan dan fermentasi awal.

- Sortasi dilakukan bertahap: sortasi lapang, sortasi di titik kumpul, dan (opsional) sortasi apung sebelum proses berikutnya.
- Uji apung memisahkan buah berdasarkan densitas; tetap perlu seleksi warna untuk kemasakan.
- SOP panen dan sortasi membantu menjaga konsistensi mutu, keselamatan kerja, dan keterlacakan (*traceability*).

Latihan Bab

Level 1 (Dasar)

1. Jelaskan mengapa panen disebut 'titik kritis' dalam rantai mutu kopi.
2. Sebutkan empat tahap kemasakan buah kopi dan ciri singkatnya.
3. Apa perbedaan utama petik merah selektif dan petik strip?

Level 2 (Sedang)

1. Suatu lot panen berisi campuran 60% buah merah, 25% buah hijau, dan 15% buah overripe. Identifikasi dua risiko mutu dan usulkan dua tindakan perbaikan.
2. Rancang aturan sederhana untuk menentukan kapan pemetikan dimulai pada suatu petak (misalnya ambang persentase buah matang). Jelaskan alasannya.
3. Sebutkan langkah-langkah uji apung dan interpretasi hasilnya.

Level 3 (Lanjutan)

1. Buat perbandingan biaya-mutu antara petik merah (*multi-round*) dan petik strip untuk kebun 1 ha dengan kondisi tenaga kerja terbatas. Jelaskan asumsi yang Anda gunakan.
2. Susun daftar titik kendali mutu (*QC checkpoints*) dari panen hingga sortasi awal, beserta parameter yang diamati dan tindakan korektifnya.

Refleksi

- Bagian mana dari manajemen panen yang paling sulit diterapkan di kebun nyata: menentukan kemasakan, mengatur tenaga kerja, atau menjaga disiplin sortasi? Mengapa?
- Jika Anda harus memilih satu perbaikan cepat untuk meningkatkan mutu panen musim ini, apa yang Anda pilih dan bagaimana rencananya?
- Apa indikator lapang yang paling ‘objektif’ menurut Anda untuk menilai mutu panen harian?

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia: Biji kopi SNI 2907:2008*. Badan Standardisasi Nasional.

Bailly, H., Sallèe, B., & Gracìa-Gracìa, S. (1992). Proyecto de tratamiento de aguas residuales de beneficios húmedos. *Café Cacao Thé, 36*, 129–136.

Balya, F. B., Suwasono, S., & Djumartin. (2013). Karakteristik fisik dan organoleptik biji kopi Arabika hasil pengolahan semi basah dan variasi jenis wadah dan lama fermentasi (studi kasus di Desa Pedati dan Sukosawah Kabupaten Bondowoso). *Agrointek, 7*(2).

Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & Charmetant, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese–Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology, 26*(9), 1239–1248.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). *Pedoman teknis penanganan pascapanen kopi*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *Annex 7: Green coffee classification and grading*. FAO.

Kazama, E. H., da Silva, R. P., & Tavares, T. O. (2021). Methodology for selective coffee harvesting in management zones of yield and maturation. *Precision Agriculture, 22*, 711–733.

Leroy, T., Ribeyre, F., Bertrand, B., Charmetant, P., Dufour, M., & Montagnon, C. (2006). Genetics of coffee quality. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 18*, 229–242.

Mburu, J. K. (1999). Notes on coffee processing procedures and their influence on quality. *Kenya Coffee, 64*, 2861–2867.

Olam. (2010). *Arabica processing: Promotion of sustainable Arabica production in North West Region, Cameroon*. De Foundation–KUIT Consultancy.

Prastowo, B., Karmawati, E., Rubijo, Siswanto, Indrawanto, C., & Munarso, S. J. (2010). *Budidaya dan pasca panen kopi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2011). *Secangkir kopi meracik tradisi*. Puslitkoka Indonesia.

Rincón-Jiménez, A., et al. (2021). Ripeness stage characterization of coffee fruits (*Coffea arabica* L. var. Castillo) applying chromaticity maps obtained from digital images. *Materials Today: Proceedings, 44*, 1271–1278.

Silva, S. de A., Queiroz, D. M. de, Pinto, F. de A. C., & Santos, N. T. (2014). Coffee quality and its relationship with Brix degree and colorimetric information of coffee cherries. *Precision Agriculture, 15*, 543–554.

Sihotang. (1996). *Analisis penawaran dan permintaan kopi Indonesia di pasar domestik dan internasional* (Tesis magister). Institut Pertanian Bogor.

Siswoputranto, P. S. (1993). *Kopi internasional dan Indonesia*. Kanisius.

Specialty Coffee Association. (2018). *Protocols and best practices* (Revised ed.).

Specialty Coffee Association of America. (2024). *SCAA green coffee beans classification*. Coffee Research. https://www.coffeeresearch.org

Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B., & Génard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica*) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 86*, 197–204.

Velásquez, S., Franco, A. P., Peña, N., Bohórquez, J. C., & Gutiérrez, N. (2021). Classification of the maturity stage of coffee cherries using comparative feature and machine learning. *Coffee Science, 16*.

Vincent, J. C. (1971). Essais comparatifs de méthodes rapides de préparation du café Arabica. *Café Cacao Thé, 15*, 49–54.

Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (2016). *Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Winston, E., Op de Laak, J., Marsh, T., Lempke, H., & Chapman, K. (2005). *Arabica coffee manual for Lao PDR*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: Growing, processing, sustainable production: A guidebook for growers, processors, traders, and researchers*. Wiley-VCH.

Zhao, X., et al. (2023). A systematic analysis of the correlation between flavor active substances and taste indicators in green coffee beans during cherry ripening. *Molecules, 29*(1), 180.

BAB 8
PASCAPANEN KOPI PROSES *NATURAL*, *WASHED*, *HONEY*, DAN FERMENTASI TERKONTROL

Oleh Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si.

A. Pendahuluan

Pascapanen kopi merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan setelah proses pemanenan buah kopi untuk menghasilkan biji kopi siap konsumsi atau pasar. Tujuan utama dari proses pascapanen adalah untuk memastikan kualitas biji kopi yang dihasilkan tetap optimal setelah pemanenan. Selain menjaga kualitas, proses pascapanen juga bertujuan untuk meningkatkan ketahanan biji kopi selama penyimpanan dan distribusi. Proses ini bersifat kompleks dan memerlukan keterampilan teknis, pemahaman biologi biji, serta pengelolaan kondisi lingkungan yang tepat untuk menghasilkan karakter rasa yang diinginkan. Oleh karena itu, pemilihan metode pascapanen yang tepat harus disesuaikan dengan karakteristik kopi yang ingin dihasilkan, apakah itu rasa yang lebih *fruity* dan kompleks atau rasa yang lebih bersih dan ringan. Penanganan pascapanen yang baik terbukti meningkatkan baik kuantitas maupun kualitas kopi yang dihasilkan, sekaligus berkontribusi terhadap nilai jual produk petani di pasaran domestik dan global.

Terdapat beberapa metode penanganan pascapanen kopi, yaitu *natural*, *washed*, *honey*, dan fermentasi terkontrol. Metode-metode ini tidak hanya dibedakan berdasarkan langkah operasionalnya tetapi juga berdampak signifikan pada atribut aroma, rasa, keasaman, serta nilai ekonomis kopi hasil olahan. Pentingnya proses pascapanen dalam kualitas kopi tidak dapat diabaikan. Penanganan yang kurang tepat pada tahap ini cenderung menimbulkan cacat mutu, pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan, serta kontaminasi yang menurunkan nilai organoleptik kopi. Sebaliknya, implementasi pascapanen yang terstandarisasi sesuai dengan Standard Nasional Indonesia (SNI) dapat menghasilkan biji kopi dengan kualitas tinggi yang memenuhi syarat pasar premium. Penjelasan lengkap mengenai berbagai metode penanganan pascapanen kopi adalah sebagai berikut.

B. Proses *Natural*

Proses *natural* juga dikenal dengan proses pengolahan kering (*dry processing*). Proses natural dalam pascapanen kopi merujuk pada metode pengolahan biji kopi yang paling sederhana dan tradisional, di mana biji kopi dibiarkan mengering dalam buahnya tanpa melalui tahap pencucian atau pemisahan kulit buah terlebih dahulu. Pada metode ini, buah kopi yang telah dipetik dibiarkan untuk mengalami pengeringan alami di bawah sinar matahari, dengan kulit buahnya yang masih menempel pada biji kopi. Hal ini memungkinkan proses fermentasi alami terjadi di dalam buah, yang memengaruhi rasa kopi yang dihasilkan (Maryanti, Delvitasari dan Hartari, 2023). Penting untuk dicatat bahwa meskipun proses natural lebih sederhana, namun kualitas kopi yang dihasilkan sangat bergantung

pada kemampuan pengolahnya dalam memantau proses pengeringan dan fermentasi. Dalam kondisi yang tidak tepat, kopi bisa terkontaminasi oleh jamur atau bahkan menghasilkan rasa fermentasi yang tidak diinginkan. Pada dasarnya, pengolahan kopi dengan metode natural melibatkan tahap pemetikan, pengeringan, dan pemisahan biji kopi dari kulitnya setelah kering.

1. Prosedur Proses *Natural*

Langkah pertama dalam proses *natural* adalah pemetikan buah kopi. Pemetikan ini harus dilakukan pada saat buah kopi benar-benar matang, karena buah yang terlalu muda atau terlalu tua akan menghasilkan biji kopi dengan kualitas rasa yang rendah. Buah kopi yang matang ditandai dengan warna merah cerah, yang menunjukkan bahwa kandungan gula dalam buah sudah optimal untuk memberikan rasa manis pada kopi (Alam, Warkoyo dan Siskawardani, 2022). Setelah pemetikan, buah kopi akan disortir untuk memastikan hanya buah yang sehat dan matang yang digunakan. Proses sortir ini juga bertujuan untuk menghilangkan buah yang rusak atau terinfeksi hama, yang bisa memengaruhi kualitas biji kopi yang dihasilkan. Proses sortir dilakukan dengan cara manual atau menggunakan mesin pengurut buah, tergantung pada skala operasional pengolahan kopi.

Setelah proses sortir, buah kopi yang telah dipilih akan ditempatkan di atas permukaan untuk pengeringan. Pengeringan bisa dilakukan dengan cara alami, yaitu dengan menjemur biji kopi di bawah sinar matahari langsung. Dalam tahap ini, penting untuk memastikan bahwa buah kopi tidak terpapar langsung pada tanah atau bahan yang bisa menyebabkan kontaminasi. Biasanya,

petani kopi menyebarkan buah kopi di atas terpal atau papan kayu untuk memastikan proses pengeringan yang optimal. Selama pengeringan, buah kopi perlu dibalik secara berkala untuk memastikan proses pengeringan yang merata. Pengeringan yang tidak merata dapat menyebabkan kerusakan pada biji kopi, serta meningkatkan risiko pembentukan jamur atau pembusukan. Oleh karena itu, pengolahan pascapanen dengan metode natural membutuhkan pemantauan yang cermat terhadap kondisi cuaca dan kelembapan udara (Sulistyorini, Abineno dan Asmoro, 2018).

Proses pengeringan pada tahap ini dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu, tergantung pada kondisi cuaca dan tingkat kelembapan. Untuk memastikan kualitas biji kopi tetap terjaga, penting bagi pengolah kopi untuk memperhatikan durasi pengeringan dan menghindari pengeringan yang terlalu cepat atau tidak merata. Setelah biji kopi cukup kering, langkah berikutnya adalah pemisahan biji kopi dari kulit buah. Proses ini dilakukan setelah biji kopi mencapai kadar air yang sesuai, biasanya sekitar 10-12%. Biji kopi akan dikeluarkan dari buah dengan cara manual atau menggunakan mesin pemisah biji. Pemisahan biji dari kulit buah harus dilakukan dengan hati-hati agar biji kopi tidak rusak. Setelah proses pemisahan, biji kopi akan disortir kembali untuk memastikan hanya biji yang berkualitas tinggi yang dipilih. Biji kopi yang cacat atau rusak akan dipisahkan untuk dijual dengan harga yang lebih rendah atau diproses lebih lanjut (Sulistyorini, Abineno dan Asmoro, 2018).

Langkah terakhir dalam proses *natural* adalah pengepakan biji kopi. Biji kopi yang telah dikeringkan dan disortir akan disimpan dalam wadah yang kedap udara,

seperti karung atau kantong jaring. Penyimpanan biji kopi yang tepat sangat penting untuk menjaga kesegaran dan kualitas kopi sebelum sampai ke konsumen atau pasar. Setelah pengepakan, biji kopi siap untuk didistribusikan atau dipasarkan. Pada titik ini, kopi yang diproses dengan metode *natural* biasanya sudah memiliki rasa yang lebih kompleks, manis, dan fruity, yang menjadi daya tarik bagi konsumen yang mencari profil rasa yang unik dan khas.

2. Kelebihan dan Kekurangan Proses *Natural*

Proses pengolahan kopi metode proses *natural* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pengolahan kopi metode proses *natural*, antara lain:

1) Tidak memerlukan banyak peralatan atau penggunaan air, sehingga dapat diterapkan di daerah dengan sumber daya terbatas.

2) Memberikan kopi dengan karakteristik rasa yang unik dan kompleks. Kopi yang diproses dengan metode ini cenderung memiliki rasa yang lebih kaya, dengan dominasi rasa buah yang lebih menonjol. Hal ini disebabkan oleh proses pengeringan yang memungkinkan gula dalam buah kopi terakumulasi lebih banyak, memberikan rasa manis alami pada biji kopi.

3) Dari segi biaya, proses natural dapat lebih ekonomis karena tidak memerlukan biaya untuk pengolahan air atau peralatan canggih.

4) Memberikan nilai jual yang lebih tinggi di pasar kopi spesialti, terutama di kalangan konsumen yang mencari profil rasa yang lebih unik dan alami.

Kekurangan pengolahan kopi metode proses *natural*, antara lain:

1) Resiko kontaminasi yang lebih tinggi. Jika pengeringan tidak dilakukan dengan benar atau jika cuaca tidak mendukung, biji kopi bisa terkontaminasi dengan jamur atau bakteri, yang dapat memengaruhi kualitas rasa kopi secara keseluruhan.
2) Membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode *washed*.
3) Hasil yang didapat bisa sangat bervariasi yang dapat memengaruhi konsistensi produk apabila kualitas kontrol dan pengawasan tidak dijaga dengan baik.

3. Pengaruh Terhadap Kualitas dan Rasa Kopi

Proses *natural* memiliki pengaruh besar terhadap kualitas dan rasa kopi, antara lain:

1) Karakteristik rasa kopi yang lebih kompleks dan *fruity*. Proses pengeringan yang berlangsung lama memungkinkan gula dalam buah kopi untuk terakumulasi lebih banyak, yang akhirnya memberikan rasa manis alami pada biji kopi. Hal ini menjadikan kopi yang diproses dengan metode natural memiliki profil rasa yang lebih kaya dan lebih berani, yang banyak dicari oleh konsumen kopi spesialti (Shen et al., 2023).
2) Cenderung memiliki aroma yang lebih kuat dan beragam. Proses fermentasi alami yang terjadi dalam kulit buah kopi memberikan kontribusi pada pengembangan aroma kopi, menghasilkan nuansa buah yang lebih tajam dan beragam. Ini membuat kopi natural lebih menonjol dengan aroma yang lebih

kompleks dibandingkan dengan kopi yang diproses menggunakan metode lain, seperti *washed*.

3) Kopi yang diproses secara *natural* juga memiliki tingkat keasaman yang lebih rendah dibandingkan kopi yang diproses dengan metode *washed*. Hal ini menjadikan kopi natural lebih mudah diterima oleh konsumen yang tidak menyukai keasaman yang tajam, meskipun keasaman ini tetap ada dalam jumlah terbatas (Bumi et al., 2024).

4) Cenderung memiliki rasa yang lebih "kotor" atau lebih kasar dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini disebabkan oleh sisa-sisa pulp atau lendir yang mungkin tertinggal selama proses pengeringan, yang dapat memengaruhi rasa kopi. Meskipun beberapa konsumen menyukai rasa ini karena memberikan kesan alami, bagi sebagian orang, rasa yang lebih bersih lebih diinginkan.

5) Cenderung mempertahankan lebih banyak senyawa alami yang terkandung dalam buah kopi, seperti asam organik dan senyawa polifenol. Senyawa-senyawa ini memberikan kontribusi terhadap profil rasa kopi yang lebih kompleks dan menarik (Shen et al., 2023).

C. Proses *Full Wash*

Proses *full wash* atau pengolahan basah adalah salah satu metode pascapanen kopi yang paling umum digunakan untuk menghasilkan biji kopi dengan profil rasa yang bersih, ringan, dan lebih terdefinisi. Dalam proses ini, biji kopi yang telah dipanen melalui tahap pencucian untuk menghilangkan *pulp* (daging buah) dan lendir yang menempel pada biji. Dengan menggunakan air, *pulp* yang

ada di sekitar biji kopi akan dihilangkan melalui fermentasi dan pencucian, menghasilkan biji kopi yang lebih bersih tanpa sisa lendir atau residu buah yang dapat memengaruhi rasa. Dengan demikian, karena *pulp* dan lendir yang dapat merusak kualitas rasa telah dihilangkan maka metode ini memungkinkan menghasilkan karakteristik rasa kopi dapat lebih terasa jelas dan telah menjadi standar dalam pengolahan kopi spesialti untuk menghasilkan kopi dengan kualitas yang konsisten dan dapat diprediksi.

1. Prosedur Proses *Full Wash*

Proses *full wash* dimulai dengan tahap pemanenan, di mana buah kopi yang sudah matang dipetik. Setelah pemetikan, biji kopi yang masih terbungkus *pulp* akan dimasukkan ke dalam mesin *pulper*, yang bertugas untuk mengeluarkan *pulp* atau daging buah dari biji kopi. *Pulp* yang telah terpisah kemudian dikumpulkan untuk dibuang, dan biji kopi yang tersisa akan melanjutkan ke tahap fermentasi. Fermentasi merupakan tahap yang sangat penting dalam proses *full wash*. Selama fermentasi, biji kopi yang terbungkus lendir akan direndam dalam air selama beberapa jam hingga beberapa hari, tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis kopi. Proses fermentasi ini memungkinkan bakteri alami dan enzim untuk mengurai lendir yang menempel pada biji kopi. Fermentasi yang tepat membantu menghilangkan sisa lendir dengan efisien tanpa merusak biji kopi, serta mengurangi kemungkinan rasa fermentasi yang tidak diinginkan.

Setelah fermentasi, biji kopi yang telah dibersihkan dari lendir akan dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa-sisa lendir atau pulp yang masih menempel. Pada

tahap ini, pencucian biji kopi akan dilakukan dengan menggunakan air bersih untuk memastikan biji kopi benar-benar bersih dan bebas dari kontaminasi yang dapat merusak kualitasnya. Air yang digunakan dalam pencucian harus memiliki kualitas baik, karena air yang tercemar atau mengandung bahan kimia dapat mengubah karakter rasa kopi. Setelah pencucian, biji kopi akan melalui tahap pengeringan untuk mengurangi kadar air hingga tingkat yang sesuai, biasanya sekitar 10-12%. Pengeringan dilakukan dengan menjemur biji kopi di bawah sinar matahari, atau dengan menggunakan mesin pengering. Proses pengeringan yang merata sangat penting untuk memastikan biji kopi kering dengan baik tanpa terkontaminasi atau rusak. Pengeringan yang tidak merata atau terlalu cepat dapat menyebabkan biji kopi mengalami fermentasi yang tidak diinginkan, yang dapat memengaruhi rasa.

Pengeringan dengan cara alami (menjemur di bawah sinar matahari) memerlukan pengawasan yang cermat agar biji kopi tidak terpapar oleh cuaca buruk atau kotoran dari lingkungan sekitar. Biasanya, biji kopi akan dibalik secara teratur agar proses pengeringan lebih merata. Pengeringan yang terlalu cepat atau tidak merata dapat merusak kualitas biji kopi dan menyebabkan kerusakan pada rasa dan aroma kopi. Pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan mesin pengering memiliki keuntungan dalam kontrol waktu dan kelembapan yang lebih terjamin, tetapi bisa meningkatkan biaya operasional. Dalam pengolahan kopi skala besar, penggunaan mesin pengering sering menjadi pilihan utama untuk efisiensi waktu dan kualitas pengeringan yang lebih konsisten. Setelah pengeringan, biji kopi akan disortir untuk memastikan

hanya biji yang berkualitas yang dipilih. Biji kopi yang rusak atau cacat akan dipisahkan dan tidak digunakan untuk kopi spesialti. Proses sortir ini juga bertujuan untuk memastikan biji kopi bebas dari bahan asing seperti batu atau kotoran lainnya yang dapat merusak kualitas kopi. Biji kopi yang sudah disortir kemudian akan dipisahkan berdasarkan ukuran dan kualitas untuk memastikan konsistensi produk. Setelah selesai disortir, biji kopi siap untuk dimasukkan ke dalam kemasan dan siap untuk didistribusikan ke pasar atau diolah lebih lanjut menjadi produk kopi olahan. Pengemasan yang baik akan membantu menjaga kesegaran dan kualitas biji kopi selama pengiriman dan penyimpanan (Towaha et al., 2018). Proses *full wash* secara keseluruhan melibatkan pengendalian ketat pada setiap tahapan untuk memastikan kualitas kopi yang dihasilkan tetap optimal.

2. Kelebihan dan Kekurangan Proses *Full Wash*

Proses pengolahan kopi metode proses *full wash* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pengolahan kopi metode proses *full wash*, antara lain:

1) Menghasilkan kopi dengan rasa yang lebih bersih dan terdefinisi dengan jelas.
2) Menghasilkan kopi dengan kualitas yang lebih konsisten.
3) Memberikan daya tahan yang lebih baik pada biji kopi selama penyimpanan dan pengiriman. Karena sebagian besar bahan organik telah dihilangkan, biji kopi yang melalui proses ini cenderung lebih stabil dan tidak cepat rusak.

Kekurangan pengolahan kopi metode proses *full wash*, antara lain:

1) Penggunaan air yang cukup banyak dalam proses pencucian dan fermentasi dapat meningkatkan limbah cair (Banti dan Abraham, 2021).
2) Membutuhkan waktu dan pengawasan yang lebih intensif, terutama dalam tahap fermentasi dan pengeringan. Waktu fermentasi yang tidak tepat atau pengeringan yang tidak merata dapat memengaruhi kualitas biji kopi.
3) Dari segi biaya, proses *full wash* lebih mahal dibandingkan dengan metode natural karena memerlukan lebih banyak tenaga kerja, fasilitas, dan penggunaan air.

3. Pengaruh Terhadap Kualitas dan Rasa Kopi

Proses *full wash* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik kopi, terutama dalam hal rasa, aroma, dan keasaman, antara lain:

1) Peningkatan keasaman kopi. Biji kopi yang diproses dengan metode *full wash* cenderung memiliki tingkat keasaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain, seperti *natural*. Keasaman ini memberikan rasa yang lebih segar dan terang pada kopi.
2) Menghasilkan kopi dengan profil rasa yang lebih bersih dan ringan. Dengan menghilangkan sebagian besar materi organik dari buah kopi, seperti *pulp* dan lendir, kopi yang diproses dengan cara ini memiliki rasa yang lebih jelas dan terdefinisi.

3) Memiliki rasa yang lebih konsisten. Dengan menggunakan proses pencucian dan fermentasi yang terkontrol, biji kopi memiliki kualitas yang seragam, baik dalam ukuran maupun rasa.

4) Proses *full wash* dapat menghilangkan beberapa karakteristik rasa alami dari buah kopi.

D. Proses *Honey*

Proses *honey* adalah metode pengolahan pascapanen kopi yang unik dan menggabungkan elemen-elemen dari proses *full wash* dan *natural*. Nama "*Honey*" sendiri berasal dari tekstur lengket atau manis dari lendir yang tertinggal pada biji kopi setelah pulp dipisahkan. Lendir ini mengandung gula alami yang ketika terpapar sinar matahari, akan menguap dan memberi biji kopi rasa manis yang khas. Proses *honey* sering dipilih oleh pengolah kopi yang menginginkan keseimbangan antara rasa yang bersih dari proses *washed* dan rasa buah yang lebih kompleks dari proses *natural*. Metode ini dapat diterapkan pada berbagai jenis kopi, terutama pada kopi Arabika, untuk meningkatkan keunikan profil rasa tanpa menghilangkan kelembutan dan karakteristik alami kopi tersebut. Salah satu alasan utama memilih proses ini adalah kemampuannya untuk menghasilkan kopi dengan karakter rasa yang manis, kaya, dan penuh tanpa melalui pencucian air yang membutuhkan banyak sumber daya (Analianasari, Berliana dan Shintawati, 2024).

1. Prosedur Proses *Honey*

Tahapan pengolahan proses *honey* sampai dengan proses pengupasan kulit buah (*pulping process*) sama dengan cara pengolahan basah. Namun, hasil *pulping*, yaitu kopi gabah

basah, langsung dijemur tanpa dilakukan proses fermentasi dan pencucian. Hamparan kopi gabah selama penjemuran harus setipis mungkin. Lapisan lendir pada permukaan kopi gabah masih mengandung gula yang bersifat mudah mengikat air (higroskopis) sehingga pengeringan sedikit lebih lama daripada cara *full wash* (Maryanti, Delvitasari dan Hartari, 2023).

Dalam proses *honey*, terdapat variasi yang mengacu pada tingkat pengeringan dan kondisi lendir yang dibiarkan pada biji kopi. Variasi ini dinamakan *White Honey, Yellow Honey, Red Honey*, dan *Black Honey*, masing-masing memiliki karakteristik rasa dan tingkat manis yang berbeda. Perbedaan ini terjadi karena pengelolaan jumlah lendir yang tersisa pada biji kopi serta durasi dan cara pengeringan yang diterapkan (Arum et al., 2025).

White Honey adalah varian yang paling ringan dari semua jenis Honey. Dalam proses White Honey, hampir seluruh pulp dan lendir pada biji kopi dihilangkan, meninggalkan sedikit sekali lendir pada biji. Biji kopi yang dihasilkan cenderung memiliki rasa yang lebih ringan dan sedikit lebih asam, dengan profil rasa yang lebih mirip dengan kopi yang diproses menggunakan metode *washed*, meskipun masih ada kehadiran rasa manis yang berasal dari sisa lendir. *Yellow Honey* memiliki lebih banyak lendir yang tertinggal pada biji kopi dibandingkan dengan *White Honey*, sehingga memberikan rasa yang lebih manis dan lebih kaya. Rasa yang dihasilkan lebih seimbang, dengan sedikit sentuhan asam yang tetap memberikan kesegaran pada kopi. Pada varian ini, pengeringan dilakukan dengan cara yang cukup cepat, memastikan bahwa sebagian besar lendir tetap ada tanpa menyebabkan fermentasi yang berlebihan.

Red Honey merupakan varian yang memiliki lebih banyak lendir dan pengeringan yang lebih lambat. Karena lebih banyak lendir yang dibiarkan, *Red Honey* memberikan rasa yang lebih kaya dan lebih manis. Profil rasa kopi yang dihasilkan lebih kompleks, dengan dominasi rasa manis dan sedikit rasa buah yang lebih kuat. Pengeringan yang lambat memastikan bahwa kopi tidak terkontaminasi rasa fermentasi yang tidak diinginkan, namun tetap mempertahankan rasa manis alami dari lendir. *Black Honey* adalah varian yang memiliki tingkat pengeringan yang paling lama, dan sebagian besar lendir tetap ada pada biji kopi selama proses pengeringan. Proses pengeringan yang sangat lambat ini memberikan kopi dengan rasa manis yang sangat dominan dan karakteristik rasa yang lebih penuh. *Black Honey* memiliki rasa yang lebih berat dan lebih kaya, dengan sedikit rasa asam yang memberi keseimbangan pada rasa manis yang intens (Arum et al., 2025).

2. Kelebihan dan Kekurangan Proses *Honey*

Kelebihan cara pengolahan metode *honey*, antara lain:

1) Peningkatan rasa manis alami pada kopi. Lendir yang tertinggal pada biji kopi selama pengeringan memberikan kontribusi besar terhadap rasa manis ini.
2) Cita rasa seduhan akhir lebih *chocolaty* dan *caramelly*, bahkan beraroma seperti madu.
3) Memiliki keasaman yang lebih rendah dibandingkan dengan kopi yang diproses dengan metode *washed*. Hal ini menjadikan kopi *honey* lebih disukai oleh konsumen yang tidak terlalu menyukai rasa asam yang tajam.
4) Memiliki harga yang lebih bersaing di pasar.

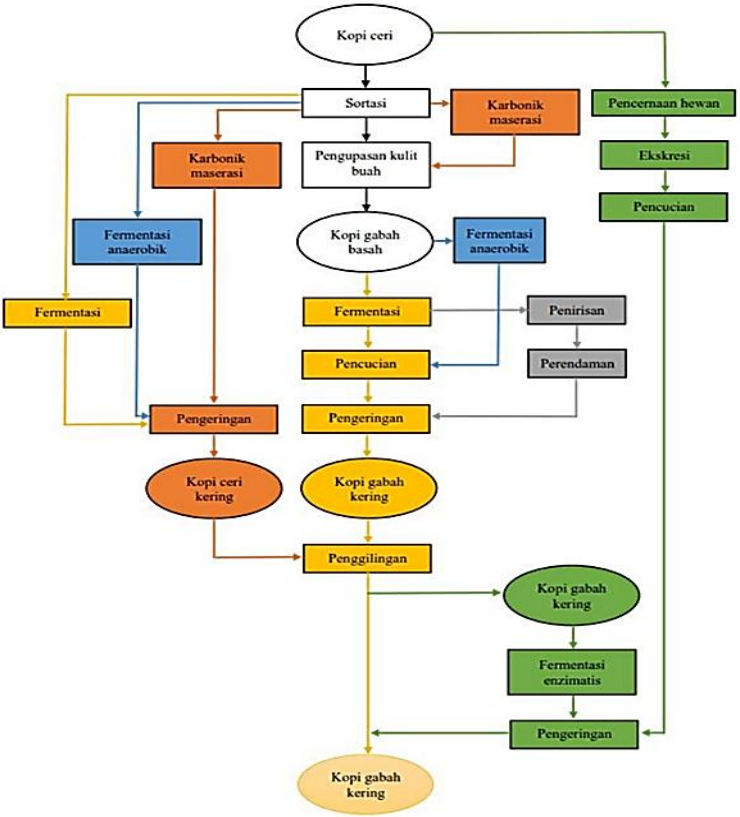
Kekurangan pengolahan kopi metode proses *honey* adalah kopi yang dihasilkan cenderung lebih sulit untuk diproduksi secara konsisten. Hal ini karena pengeringan yang memerlukan pemantauan ketat dan kontrol waktu yang tepat untuk menghindari risiko pembusukan atau fermentasi yang berlebihan. Dengan kata lain, meskipun proses ini dapat menghasilkan rasa yang lebih manis dan kompleks, risiko ketidakkonsistenan menjadi tantangan tersendiri bagi pengolah kopi.

E. Fermentasi Terkontrol

Fermentasi terkendali atau fermentasi terkontrol dalam pascapanen kopi merujuk pada proses di mana mikroorganisme yang ada dalam biji kopi dikendalikan untuk berfermentasi dengan tujuan menghasilkan profil rasa yang lebih diinginkan dan stabil. Dalam proses ini, mikroba yang ada pada biji kopi, seperti ragi dan bakteri asam laktat, digunakan untuk mengurai bahan organik tertentu yang tertinggal pada biji kopi, seperti lendir, pulp, dan beberapa komponen kimiawi lainnya. Proses fermentasi terkendali berbeda dengan fermentasi alami karena dalam proses ini, kondisi fermentasi seperti suhu, waktu, dan kelembapan dapat dikendalikan secara ketat, yang memungkinkan pengolahan biji kopi dengan hasil rasa yang lebih konsisten dan terkendali (Hariyanto, Fanani dan Nugroho, 2022).

Fermentasi terkontrol tidak hanya mengatur laju dan waktu fermentasi, tetapi juga memungkinkan para pengolah kopi untuk memilih jenis mikroorganisme yang paling sesuai untuk jenis kopi yang diproses. Tujuannya adalah untuk menghasilkan rasa yang diinginkan, misalnya dengan meningkatkan keasaman, aroma buah, atau profil

rasa yang lebih bersih dan ringan. Berbeda dengan proses fermentasi alami, fermentasi terkendali memungkinkan pengendalian yang lebih presisi terhadap hasil akhir, sehingga kualitas kopi dapat dipertahankan dan diprediksi dengan lebih baik. Perkembangan fermentasi buah kopi untuk meningkatkan cita rasa dapat dilihat pada Gambar 8.1.



Gambar 8. 1 Perkembangan Fermentasi Buah Kopi untuk Meningkatkan Cita Rasa

(Sumber: Febrianto dan Zhu, 2023)

DAFTAR PUSTAKA

Alam, I.N., Warkoyo, W. and Siskawardani, D.D. (2022) 'Karakteristik Tingkat Kematangan Buah Kopi Robusta (Coffea canephora A. Froehner) dan Buah Kopi Arabika (Coffea arabica Linnaelus) Terhadap Mutu Cita Rasa Seduhan Kopi', *Food Technology and Halal Science Journal*, 5(2), pp. 169–185.

Analianasari, A., Berliana, D. and Shintawati, S. (2024) 'Defects of Coffee Beans with Different Postharvest Processes and *Roasting* Temperatures on Volatile Compounds of Coffee Beans from Coffee Small-Scale Industries of West Lampung Indonesia', 21(7).

Arum, A.P. et al. (2025) 'Antioxidant Potential Of Arabica Coffee Processed By Honey Method', *Jurnal Agroindustri*, pp. 27–39. Available at: https://doi.org/10.31186/jagroindustri.15.1.27-39.

Banti, M. and Abraham, E. (2021) 'Coffee Processing Methods , Coffee Quality and Related Environmental Issues', 9(6), pp. 144–152. Available at: https://doi.org/10.11648/j.jfns.20210906.12.

Bumi, S.A. *et al.* (2024) 'Difference In Post-Harvest Processing On Coffee Flavor Preference', *Science, Technology and Management Journal*, 5(1), pp. 41–51.

Hariyanto, B., Fanani and Nugroho, S.E. (2022) 'Rekayasa Fermentasi Kopi An Aerobik dengan Metode Karbonik dan Semi Karbonik Maserasi', *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 1(2), pp. 79–85.

Maryanti, Delvitasari, F. and Hartari, W.R. (2023) *Panen dan Pascapanen Kopi*. 1st edn. Bandarlampung: AURA.

Shen, X. *et al.* (2023) 'Effects of Different Primary

Processing Methods on the Flavor of Coffea arabica Beans by Metabolomics', *MDPI*, Fermentati.

Sulistyorini, H., Abineno, A.P. and Asmoro, H.P. (2018) *Buku saku Penanganan Pascapanen Kopi Secara Baik Dan Benar (Good Handling Practices/Ghp)*. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian.

Towaha, J. et al. (2018) *TEKNOLOGI PENGOLAHAN KOPI Upaya Peningkatan Mutu dan Nilai Tambah Kopi Rakyat*. Jakarta: IAARD Press.

BAB 9
KIMIA DAN MUTU BIJI KOPI: SENYAWA PEMBENTUK FLAVOR DAN FAKTOR PENENTU KUALITAS

Oleh Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc.

A. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian strategis dengan nilai ekonomi global yang sangat tinggi dan volume perdagangan internasional yang terus meningkat setiap tahunnya (Wulandari & Daspar, 2025). Selain sebagai produk ekspor utama di banyak negara tropis, kopi juga memiliki dimensi sosial dan budaya yang kuat, terutama dalam konteks konsumsi dan gaya hidup masyarakat modern. Dalam sistem perdagangan yang semakin kompetitif, mutu biji kopi menjadi determinan utama yang memengaruhi harga, segmentasi pasar, serta preferensi konsumen (Mareta & Santoso, 2026).

Mutu kopi pada dasarnya merupakan refleksi dari komposisi kimia biji kopi dan transformasi senyawa-senyawa tersebut selama proses pengolahan dan penyangraian. Biji kopi mentah (*green coffee bean*) merupakan matriks kimia kompleks yang mengandung karbohidrat (±50–60%), lipid (±10–17%), protein, mineral, alkaloid, serta berbagai senyawa fenolik seperti asam klorogenat (Wiraputra, 2024). Komponen-komponen ini

berfungsi sebagai prekursor pembentuk senyawa flavor yang akan berkembang selama proses *roasting*. Dengan demikian, variasi komposisi awal biji kopi secara langsung memengaruhi potensi pembentukan cita rasa akhir.

Proses penyangraian memicu serangkaian reaksi kimia kompleks, termasuk reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino, karamelisasi sukrosa, degradasi Strecker, serta pirolisis komponen organik (Pallawa, 2022). Reaksi-reaksi tersebut menghasilkan ratusan senyawa volatil seperti furans, pyrazines, aldehida, keton, dan thiols yang bertanggung jawab atas aroma khas kopi. Senyawa seperti 2-furfurylthiol diketahui berkontribusi signifikan terhadap karakter aroma *roasted coffee* yang khas dan menjadi salah satu penanda penting kualitas sensori (Yunowo et al., 2019).

Flavor kopi merupakan konstruksi sensori multidimensional yang mencakup aroma (*volatile compounds*), rasa dasar (*sweet, bitter, sour*), dan sensasi mulut (*body, astringency*) (Khairunnisa et al., 2025). Kafein berkontribusi terhadap persepsi pahit, sementara asam klorogenat dan produk degradasinya berperan dalam astringen dan kompleksitas rasa (Worku et al., 2022). Asam organik seperti asam sitrat, malat, dan asetat memengaruhi persepsi *acidity* yang sering menjadi indikator kualitas pada kopi *specialty* (Chindapan et al., 2019). Interaksi sinergistik antarsenyawa tersebut menjelaskan kompleksitas profil flavor dan diferensiasi karakter kopi berdasarkan spesies, varietas, serta daerah tumbuh.

Selain faktor intrinsik berupa komposisi kimia, mutu kopi juga dipengaruhi oleh faktor ekstrinsik seperti kondisi agroekologi (ketinggian, suhu, curah hujan), praktik

budidaya, metode pascapanen, dan profil penyangraian (Avelino et al., 2005). Perbedaan spesies, terutama antara *Coffea arabica* dan *Coffea canephora*, menunjukkan variasi signifikan dalam kadar kafein, lipid, dan asam klorogenat yang berdampak pada karakter sensori dan persepsi kualitas (Priyanto et al., 2022).

Dalam perkembangan industri kopi modern, khususnya pada segmen *specialty coffee*, evaluasi mutu semakin mengintegrasikan pendekatan sensori dan analisis kimia instrumental. Teknik seperti kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) untuk analisis kafein dan asam klorogenat, serta kromatografi gas–spektrometri massa (GC-MS) untuk identifikasi senyawa volatil, digunakan untuk menghubungkan komposisi kimia dengan atribut sensori dan nilai ekonomi produk (Toledo et al., 2016). Pendekatan metabolomik bahkan mulai dikembangkan untuk mengidentifikasi penanda kimia yang berkorelasi dengan asal geografis dan kualitas premium kopi (Wei et al., 2014).

B. Komposisi Kimia Biji Kopi

1. Komponen Kimia Utama Biji Kopi Mentah

a. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan fraksi terbesar dalam biji kopi, mencapai ±50–60% berat kering. Sebagian besar berada dalam bentuk polisakarida struktural seperti selulosa, hemiselulosa, arabinogalaktan, dan galaktomanan yang berperan dalam pembentukan struktur dinding sel (Farhaty & Muchtaridi, 2016). Fraksi gula sederhana relatif rendah pada biji mentah, namun sukrosa merupakan gula

utama yang memiliki peran penting sebagai prekursor reaksi Maillard selama penyangraian.

Kadar sukrosa pada *Coffea arabica* umumnya lebih tinggi dibandingkan *Coffea canephora* (robusta), sehingga berkontribusi terhadap pembentukan senyawa karamel dan kompleksitas aroma yang lebih halus pada arabika. Selama *roasting*, degradasi sukrosa menghasilkan furans dan aldehida yang memperkaya karakter manis dan karamel pada kopi (Joaquim et al., 2023).

b. Protein dan Asam Amino

Protein dalam biji kopi berkisar antara 10–15% berat kering dan tersusun atas berbagai asam amino bebas maupun terikat. Asam amino seperti asparagin, alanin, lisin, dan leusin berperan sebagai donor nitrogen dalam reaksi Maillard, menghasilkan senyawa heterosiklik volatil seperti pyrazines yang penting dalam pembentukan aroma roasted (Farhaty & Muchtaridi, 2016). Walaupun kadar protein relatif tidak tinggi dibandingkan komponen karbohidrat, keberadaan asam amino bebas menjadi faktor kunci dalam pembentukan kompleksitas flavor selama proses termal.

c. Lipid

Lipid menyumbang sekitar 10–17% berat kering biji kopi, dengan kandungan yang lebih tinggi pada arabika dibandingkan robusta (Farhaty & Muchtaridi, 2016). Fraksi lipid terdiri atas trigliserida, diterpen (cafestol dan kahweol), sterol, serta tokoferol. Lipid berfungsi sebagai pelarut alami bagi senyawa volatil dan berkontribusi terhadap *mouthfeel* atau *body* kopi seduhan (Yudistiro, 2024). Selain itu, komponen diterpen seperti cafestol dan kahweol memiliki aktivitas biologis tertentu yang banyak

dikaji dalam konteks kesehatan (Destirana et al, 2025). Stabilitas oksidatif fraksi lipid juga memengaruhi ketahanan flavor selama penyimpanan.

c. Air dan mineral

Kadar air pada biji kopi mentah umumnya berkisar 10–12% setelah proses pengeringan. Mineral utama yang ditemukan meliputi kalium, magnesium, kalsium, dan fosfor, yang walaupun jumlahnya kecil, berkontribusi terhadap keseimbangan kimia dan reaktivitas selama pemanasan (Destirana, et al., 2025).

2. Senyawa Bioaktif dan Metabolit Sekunder

a. Alkaloid

Kafein merupakan alkaloid utama dalam biji kopi dengan kadar sekitar 0,8–1,5% pada arabika dan 1,7–3,5% pada robusta. Kafein berkontribusi terhadap rasa pahit dan memiliki efek stimulan fisiologis yang menjadi salah satu daya tarik utama konsumsi kopi (Putri et al., 2024). Selain kafein, trigonelin juga merupakan alkaloid penting yang mengalami degradasi selama *roasting* membentuk niasin (vitamin B3) dan berbagai senyawa volatil aromatik (Putri et al., 2024).

b. Asam Klorogenat (Chlorogenic Acids, CGA)

Asam klorogenat merupakan kelompok senyawa fenolik utama dalam kopi dengan kadar mencapai 5–12% berat kering. Senyawa ini terdiri atas ester antara asam kafeat atau ferulat dengan asam kuinat (Virhananda et al., 2022). CGA berkontribusi terhadap rasa asam dan astringen, serta memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan. Selama *roasting*, CGA mengalami degradasi menjadi lakton dan

fenilindan yang meningkatkan persepsi pahit pada kopi sangrai gelap (Fuller & Rao, 2017).

c. Asam organik

Asam organik seperti asam sitrat, malat, asetat, dan kuinat memengaruhi persepsi *acidity* dalam kopi seduhan. Arabika umumnya memiliki profil asam organik yang lebih kompleks dibandingkan robusta, yang berkorelasi dengan karakter sensori yang lebih cerah dan seimbang.

d. Senyawa Fenolik Lain

Selain CGA, kopi mengandung berbagai turunan fenolik yang berperan dalam aktivitas antioksidan serta stabilitas oksidatif. Keberadaan senyawa fenolik juga memengaruhi warna dan reaktivitas selama pemanasan.

3. Perbedaan Komposisi Kimia antara Arabika dan Robusta

Perbedaan kimia antara *Coffea arabica* dan *Coffea canephora* merupakan faktor utama yang menjelaskan variasi mutu dan harga pasar. Arabika umumnya memiliki kadar lipid dan sukrosa lebih tinggi, serta kadar kafein lebih rendah dibandingkan robusta. Sebaliknya, robusta memiliki kandungan kafein dan asam klorogenat yang lebih tinggi, yang berkontribusi terhadap rasa lebih pahit dan body lebih kuat (Priyanto et al., 2022). Perbedaan ini tidak hanya berdampak pada profil sensori, tetapi juga pada respons kimia selama *roasting* dan stabilitas penyimpanan. Oleh karena itu, pemahaman komposisi kimia spesifik setiap spesies menjadi dasar penting dalam strategi pengolahan dan segmentasi pasar kopi.

Tabel 9. 1 Perbandingan Komposisi Kimia Biji Kopi *Coffea arabica* dan *Coffea canephora*

Komponen Kimia	Arabika (% bk)	Robusta (% bk)	Implikasi terhadap Mutu dan Flavor
Kafein	0,8–1,5	1,7–3,5	Robusta lebih pahit dan lebih kuat secara stimulan
Asam klorogenat (CGA)	5–8	7–12	Robusta lebih astringen, potensi pahit lebih tinggi
Lipid total	14–17	9–13	Arabika memiliki *body* lebih halus dan mouthfeel lebih lembut
Sukrosa	6–9	3–7	Arabika menghasilkan aroma karamel lebih kompleks saat *roasting*
Protein	10–13	11–15	Prekursor reaksi Maillard pada keduanya relatif sebanding
Trigonelin	0,6–1,2	0,3–0,9	Arabika berpotensi menghasilkan lebih banyak senyawa aroma hasil degradasi
Mineral (abu)	3–4	4–5	Robusta sedikit lebih tinggi kandungan mineral
Kadar air (green bean)	10–12	10–12	Relatif serupa; memengaruhi stabilitas penyimpanan

Keterangan: bk=berat kering

Perbedaan komposisi kimia tersebut menjelaskan mengapa *Coffea arabica* umumnya dihargai lebih tinggi dalam pasar *specialty coffee*. Kandungan lipid dan sukrosa yang lebih tinggi pada arabika berkontribusi terhadap pembentukan senyawa volatil yang menghasilkan aroma lebih kompleks dan *mouthfeel* yang lebih halus. Sebaliknya, kandungan kafein dan asam klorogenat yang lebih tinggi pada robusta meningkatkan intensitas pahit dan astringensi, sehingga robusta lebih sering digunakan dalam campuran (*blending*) untuk memperkuat *body* dan crema pada espresso (Virhananda et al., 2022). Selain itu, perbedaan komposisi tersebut juga memengaruhi respons terhadap profil penyangraian. Arabika cenderung menunjukkan perkembangan aroma yang lebih berlapis pada tingkat *roasting* medium, sedangkan robusta lebih stabil terhadap *roasting* gelap karena kandungan fenolik dan kafeinnya yang tinggi (Priyanto et al., 2022).

C. Transformasi Kimia Selama Pengolahan dan Penyangraian

Transformasi kimia yang terjadi sejak tahap pascapanen hingga penyangraian merupakan fase krusial dalam pembentukan mutu dan karakter *flavor* kopi. Komposisi kimia biji kopi mentah menyediakan prekursor utama, namun reaksi kimia yang berlangsung selama fermentasi, pengeringan, dan terutama *roasting* menentukan ekspresi akhir atribut sensori. Dengan demikian, kualitas kopi merupakan hasil dari dinamika perubahan kimia yang terkontrol maupun tidak terkontrol sepanjang rantai produksi (Wiraputra, 2024).

1. Perubahan Kimia Selama Pascapanen

Metode pengolahan pascapanen baik proses kering (*dry process*), basah (*wet process*), maupun semi-*washed* memengaruhi komposisi kimia awal biji kopi sebelum *roasting*. Pada proses basah, fermentasi berlangsung setelah pengupasan kulit buah, memungkinkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi musilago yang kaya akan pektin dan gula. Aktivitas enzimatik dan mikroba ini dapat memodifikasi kadar gula sederhana, asam organik, serta menghasilkan metabolit sekunder yang menjadi prekursor flavor (Hartini, 2023).

Fermentasi yang terkontrol dengan baik cenderung meningkatkan kompleksitas *acidity* dan memperbaiki kejernihan rasa, sedangkan fermentasi berlebihan dapat menghasilkan senyawa asam volatil yang menurunkan mutu sensori. Studi menunjukkan bahwa perubahan kadar asam sitrat, malat, dan asetat selama fermentasi berkontribusi terhadap variasi persepsi keasaman pada seduhan akhir (Farah, 2012). Selain itu, degradasi parsial polisakarida dinding sel dapat memengaruhi porositas biji dan respons termal saat *roasting*.

Pengeringan juga berperan dalam stabilisasi komposisi kimia. Penurunan kadar air hingga sekitar 10–12% penting untuk mencegah reaksi degradasi enzimatik dan pertumbuhan mikroba selama penyimpanan. Kadar air yang tidak seragam dapat menyebabkan distribusi panas yang tidak homogen saat *roasting*, sehingga memengaruhi pembentukan senyawa volatil secara tidak merata (Wiraputra, 2024).

2. Reaksi Kimia Selama Penyangraian (*Roasting*)

Penyangraian merupakan tahap paling menentukan dalam pembentukan flavor kopi. Proses ini biasanya berlangsung pada suhu 180–240°C, di mana terjadi perubahan fisik (pengembangan volume, perubahan warna) dan transformasi kimia kompleks. Lebih dari 800 senyawa volatil telah diidentifikasi terbentuk selama *roasting* (Wiraputra, 2024). Reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino merupakan mekanisme dominan dalam pembentukan senyawa heterosiklik seperti pyrazines dan furans yang bertanggung jawab atas karakter roasted dan nutty (Toledo et al., 2016).

Reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino merupakan mekanisme dominan dalam pembentukan senyawa heterosiklik seperti pyrazines dan furans yang bertanggung jawab atas karakter *roasted* dan *nutty* (Buffo & Cardelli-Freire, 2004). Karamelisasi sukrosa berkontribusi terhadap pembentukan senyawa dengan karakter manis dan karamel, sementara degradasi asam klorogenat menghasilkan lakton dan fenilindan yang meningkatkan intensitas pahit terutama pada *roasting* gelap. Senyawa sulfur seperti 2-furfurylthiol memiliki ambang deteksi sangat rendah dan memainkan peran penting dalam aroma khas kopi sangrai (Sari et al., 2023). Berbagai proses dan produk reaksi selama penyangraian disajikan dalam Tabel 9.2.

Transformasi ini sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu *roasting*. Profil *roasting* ringan mempertahankan lebih banyak asam organik dan menghasilkan *acidity* yang lebih cerah, sedangkan *roasting* gelap meningkatkan pembentukan senyawa pahit dan mengurangi kompleksitas

aroma tertentu akibat degradasi lanjutan (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009).

Tabel 9. 2 Senyawa Prekursor Utama dan Produk Reaksi Selama Proses *Roasting* Kopi

Prekursor Utama	Jenis Reaksi Dominan	Produk Reaksi Utama	Kontribusi terhadap Flavor
Sukrosa	Karamelisasi, pirolisis	Furans, hidroksimetilfurfural (HMF), maltol	Aroma karamel, manis, toasted
Gula pereduksi + asam amino	Reaksi Maillard	Pyrazines, aldehida, keton	Aroma roasted, nutty, cocoa-like
Asam amino (mis. leusin, isoleusin)	Degradasi Strecker	Strecker aldehydes (mis. 3-methylbutanal)	Aroma malty, cokelat
Trigonelin	Degradasi termal	Niasin, piridin, senyawa heterosiklik aromatik	Aroma panggang, kompleksitas aroma
Asam klorogenat	Degradasi, laktonisasi	Lakton CGA, fenilindan	Pahit, astringent
Lipid (trigliserida)	Oksidasi termal	Aldehida alifatik, keton	Aroma fatty, green notes (jika berlebih → rancid)
Protein & peptida	Pirolisis, Maillard	Senyawa sulfur (thiols), heterosiklik nitrogen	Aroma khas *roasted coffee*

Asam organik (sitrat, malat)	Dekarboksilasi	Asam volatil (asetat)	Kontribusi terhadap *acidity*
Sulfur-containing amino acids (mis. metionin)	Degradasi termal	2-furfurylthiol	Aroma kopi panggang khas dan kuat

D. Senyawa Pembentuk *Flavor* Kopi: Hubungan Molekul dan Persepsi Sensori

Flavor kopi merupakan hasil integrasi kompleks antara komponen kimia volatil dan non-volatil yang berinteraksi dengan sistem sensorik manusia. Secara ilmiah, *flavor* mencakup tiga dimensi utama, yaitu aroma (diterima melalui olfaksi), rasa dasar atau *taste* (diterima melalui reseptor gustatori), serta sensasi trigeminal dan mouthfeel seperti *body* dan *astringency* (Lawless & Heymann, 2010). Kompleksitas *flavor* kopi tidak ditentukan oleh satu senyawa tunggal, melainkan oleh jaringan interaksi molekuler yang bekerja secara sinergis maupun antagonistik.

Lebih dari 800 senyawa volatil telah diidentifikasi dalam kopi sangrai, namun hanya sebagian kecil yang memiliki kontribusi signifikan terhadap persepsi aroma karena perbedaan ambang deteksi (*odor threshold*) dan nilai aktivitas aroma (*Odor Activity Value*, OAV) (Gantner et al., 2024). Oleh karena itu, pemahaman hubungan antara struktur kimia senyawa dan karakter sensori menjadi krusial dalam menjelaskan mutu kopi.

1. Senyawa Volatil dan Persepsi Aroma

a. Senyawa Heterosiklik Nitrogen (Pyrazines)

Pyrazines terbentuk terutama melalui reaksi Maillard dan berkontribusi terhadap aroma roasted, nutty, earthy, dan cocoa-like. Senyawa seperti 2-methylpyrazine dan 2,3-dimethylpyrazine memiliki peran penting dalam menciptakan karakter panggang khas kopi (Edvan et al., 2016). Konsentrasi pyrazines meningkat pada *roasting* medium hingga dark, namun dapat menurun jika terjadi degradasi berlebihan.

b. Furans dan Turunannya

Furans terbentuk dari degradasi gula dan karamelisasi sukrosa. Senyawa seperti furfural dan 5-hydroxymethylfurfural (HMF) memberikan karakter manis, karamel, dan *almond-like* (Illy & Viani, 2005). Meskipun furans relatif melimpah, kontribusi sensori tergantung pada konsentrasi relatif terhadap ambang deteksi.

c. Senyawa Sulfur

Senyawa sulfur, khususnya 2-furfurylthiol, merupakan kontributor utama aroma khas kopi sangrai karena memiliki ambang deteksi yang sangat rendah (Sari et al., 2023). Meskipun konsentrasinya kecil, senyawa ini memiliki OAV tinggi sehingga sangat menentukan karakter aroma *roasted coffee*.

d. Guaiacol dan turunan fenolik lainnya berkontribusi terhadap aroma *smoky* dan *spicy*. Konsentrasinya meningkat pada *roasting* gelap akibat degradasi lignin dan komponen fenolik (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009).

2. Senyawa Non-Volatil dan Persepsi Rasa

a. Kafein dan Persepsi Pahit

Kafein merupakan alkaloid utama dalam kopi dan berinteraksi dengan reseptor rasa pahit (TAS2R) pada lidah. Walaupun bukan satu-satunya kontributor pahit, kafein memberikan kontribusi signifikan terhadap intensitas bitterness, terutama pada kopi robusta yang memiliki kadar lebih tinggi (Virhananda et., 2022). Namun, studi menunjukkan bahwa lakton asam klorogenat dan phenylindanes memiliki kontribusi pahit yang bahkan lebih kuat pada *roasting* gelap (Illy & Viani, 2005).

b. Asam Klorogenat dan Laktonnya

Asam klorogenat (CGA) pada biji mentah mengalami transformasi selama *roasting* menjadi CGA-lactones yang memiliki karakter pahit lebih halus dibandingkan kafein. Pada *roasting* gelap, pembentukan phenylindanes meningkatkan persepsi pahit yang lebih tajam (Virhananda et al., 2022). Interaksi antara kafein dan produk degradasi CGA menciptakan profil pahit yang kompleks dan berlapis.

c. Asam Organik dan Persepsi Acidity

Asam sitrat, malat, dan asetat berkontribusi terhadap persepsi acidity pada kopi seduhan. *Acidity* dalam konteks kopi *specialty* tidak identik dengan keasaman tajam, tetapi lebih mengacu pada kesegaran dan brightness rasa (Illy & Viani, 2005). Arabika umumnya menunjukkan profil acidity lebih kompleks dibandingkan robusta karena komposisi asam organiknya.

d. Polisakarida dan *Mouthfeel*

Polisakarida seperti galaktomanan dan arabinogalaktan yang sebagian terdegradasi selama *roasting* berkontribusi terhadap *body* dan viskositas seduhan. Lipid juga berperan sebagai matriks yang meningkatkan sensasi *mouth-coating* dan *fullness* (Speer & Kölling-Speer, 2006). Body yang baik sering diasosiasikan dengan keseimbangan antara fraksi lipid dan melanoidin hasil reaksi Maillard.

Pendekatan modern dalam studi flavor kopi mengintegrasikan analisis instrumental seperti GC-MS dengan evaluasi sensori menggunakan panel terlatih. Korelasi antara profil volatil dan skor cupping membantu mengidentifikasi penanda kimia kualitas (Toledo et al., 2016). Pendekatan metabolomik bahkan memungkinkan pemetaan hubungan antara komposisi kimia dan asal geografis kopi (Wei et al., 2014).

Dengan demikian, mutu flavor kopi dapat dipahami sebagai ekspresi molekuler yang diterjemahkan melalui sistem sensorik manusia. Kompleksitas ini menjelaskan mengapa kopi dengan komposisi kimia yang sedikit berbeda dapat menghasilkan pengalaman sensori yang sangat kontras.

E. Parameter Mutu Biji Kopi

Mutu biji kopi merupakan konsep multidimensional yang mencakup parameter fisik, kimia, dan sensori. Dalam praktik industri dan perdagangan internasional, evaluasi mutu dilakukan secara bertahap, dimulai dari pemeriksaan fisik biji mentah, analisis komposisi kimia, hingga uji sensori melalui metode cupping. Integrasi ketiga parameter

ini menentukan klasifikasi mutu, harga pasar, serta segmentasi produk, khususnya dalam pasar *specialty coffee* (Illy & Viani, 2005).

1. Mutu Fisik Biji Kopi

Evaluasi mutu fisik dilakukan terhadap biji kopi mentah (*green bean*) sebelum proses *roasting*. Parameter utama meliputi ukuran biji, keseragaman, densitas, kadar air, serta jumlah cacat (*defect count*). Ukuran biji biasanya diklasifikasikan menggunakan sistem ayakan (*screen size*), yang berkorelasi dengan keseragaman distribusi panas saat *roasting*. Biji dengan ukuran seragam cenderung menghasilkan profil sangrai yang lebih konsisten (Budiyanto et l., 2021).

Kadar air ideal pada biji kopi mentah berkisar antara 10–12%. Kadar air yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroba dan degradasi mutu selama penyimpanan, sedangkan kadar air terlalu rendah dapat menyebabkan biji rapuh dan meningkatkan risiko kerusakan mekanis (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009). Selain itu, densitas biji sering dikaitkan dengan kualitas; biji dengan densitas tinggi umumnya berasal dari tanaman yang tumbuh pada ketinggian lebih tinggi dan diasosiasikan dengan kompleksitas flavor yang lebih baik.

Jumlah cacat fisik, seperti biji pecah, hitam, atau terfermentasi berlebihan, menjadi indikator penting dalam sistem grading. Standar internasional dan nasional menetapkan batas toleransi cacat untuk menentukan kelas mutu kopi. Semakin rendah jumlah cacat, semakin tinggi potensi mutu sensori dan nilai jual produk.

F. Mutu Kimia Biji Kopi

Mutu kimia berkaitan dengan komposisi dan stabilitas senyawa dalam biji kopi yang berperan dalam pembentukan flavor dan nilai fungsional. Parameter kimia yang sering dianalisis meliputi kadar kafein, total asam klorogenat (CGA), komposisi asam organik, kandungan lipid, serta aktivitas antioksidan (Budiyanto et al., 2021).

Kadar kafein memengaruhi persepsi pahit dan dapat digunakan sebagai indikator diferensiasi spesies antara Coffea arabica dan Coffea canephora. Total CGA berkontribusi terhadap adstringen dan kapasitas antioksidan, namun juga menjadi prekursor pembentukan lakton dan phenylindane selama *roasting* (Illy & Viani, 2005). Dengan demikian, keseimbangan kadar CGA pada biji mentah sangat menentukan profil rasa akhir.

Analisis kimia modern menggunakan teknik seperti kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) untuk kuantifikasi kafein dan CGA, serta kromatografi gas–spektrometri massa (GC-MS) untuk identifikasi senyawa volatil hasil *roasting*. Aktivitas antioksidan sering diukur menggunakan metode DPPH atau FRAP untuk menilai potensi bioaktif kopi (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009). Data kimia ini tidak hanya relevan bagi evaluasi mutu, tetapi juga penting dalam konteks keamanan pangan dan klaim kesehatan.

G. Mutu Sensori (*Cupping Quality*)

Mutu sensori merupakan parameter akhir yang secara langsung mencerminkan pengalaman konsumen. Evaluasi dilakukan melalui metode cupping menggunakan panel terlatih dengan parameter standar seperti

fragrance/aroma, *flavor, acidity, body, aftertaste, balance*, dan *overall impression* (Lawless & Heymann, 2010).

Acidity yang dinilai positif dalam kopi *specialty* merujuk pada kesegaran dan brightness rasa, bukan keasaman yang tajam. *Body* menggambarkan sensasi viskositas dan fullness di rongga mulut, yang dipengaruhi oleh kandungan lipid dan melanoidin. *Aftertaste* mencerminkan persistensi rasa setelah seduhan ditelan, sering kali dipengaruhi oleh senyawa pahit seperti phenylindanes pada *roasting* gelap (Budiyanto et al., 2021).

Sistem penilaian sensori memberikan skor numerik yang digunakan dalam klasifikasi mutu. Dalam konteks *specialty coffee*, skor di atas ambang tertentu menunjukkan kualitas premium dan potensi harga lebih tinggi. Dengan demikian, mutu sensori menjadi indikator komprehensif yang mengintegrasikan seluruh parameter fisik dan kimia sebelumnya. Ketiga dimensi mutu fisik, kimia, dan sensori tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan. Mutu fisik yang baik menyediakan dasar bagi proses *roasting* yang konsisten. Komposisi kimia menentukan potensi pembentukan *flavor*, sementara mutu sensori menjadi ekspresi akhir dari interaksi keduanya.

Pendekatan ilmiah dalam evaluasi mutu kopi modern semakin mengintegrasikan analisis instrumental dengan evaluasi sensori untuk memperoleh pemahaman yang lebih objektif mengenai kualitas produk (Toledo et al., 2016). Dengan demikian, penentuan mutu kopi tidak lagi bersifat subjektif semata, melainkan didukung oleh data kimia yang terukur dan dapat direproduksi. Secara keseluruhan, parameter mutu biji kopi mencerminkan kompleksitas sistem kimia dan biologis yang dipengaruhi oleh faktor

genetik, lingkungan, serta proses pengolahan. Pemahaman menyeluruh terhadap ketiga parameter ini menjadi landasan penting dalam pengembangan standar kualitas, peningkatan daya saing produk, dan penguatan posisi kopi sebagai komoditas strategis bernilai tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Avelino, J., Barboza, B., Araya, J.C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B. and Cilas, C. (2005) 'Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota', Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(11), pp. 1869–1876.

Belitz, H.D., Grosch, W. and Schieberle, P. (2009) Food Chemistry. 4th edn. Berlin: Springer.

Buffo, R.A. and Cardelli-Freire, C. (2004) 'Coffee flavour: An overview', Flavour and Fragrance Journal, 19(2), pp. 99–104.

Budiyanto, Izahar, T. and Uker, D. (2021) 'Karakteristik fisik kualitas biji kopi dan kualitas kopi bubuk Sintaro 2 dan Sintaro 3 dengan berbagai tingkat sangrai', Jurnal Agroindustri, 11(1), pp. 54–71.

Chindapan, N., Soydok, S. and Devahastin, S. (2019) '*Roasting* kinetics and chemical composition changes of robusta coffee beans during hot air and superheated steam *roasting*', Journal of Food Science, 84, pp. 292–302.

Destirana, S., Rahma, R.N., Sena, M.I., Khotimah, F.H. and Primasari, A. (2025) 'Kopi sebagai pangan fungsional: aktivitas biologis, manfaat kesehatan dan risiko toksisitas', Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, 10(3), pp. 279–294.

Edvan, B.T., Edison, R. and Same, M. (2016) 'Pengaruh jenis dan lama penyangraian pada mutu kopi robusta (Coffea robusta)', Jurnal Agro Industri Perkebunan, 4(1), pp. 31–40.

Farhaty, N. and Muchtaridi (2016) 'Tinjauan kimia dan aspek farmakologi senyawa asam klorogenat pada biji kopi: review', Farmaka, 14(1), pp. 214–227.

Fuller, M. and Rao, N.Z. (2017) 'The effect of time, *roasting* temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee', Scientific Reports, 7, 17979.

Gantner, M., Kostyra, E., Górska-Horczyczak, E. and Piotrowska, A. (2024) 'Effect of temperature and storage on coffee's volatile compound profile and sensory characteristics', Foods, 13(24), 3995.

Hartini, S.W.N. (2023) Pengaruh suhu fermentasi dengan bakteri asam laktat (Lactobacillus plantarum) terhadap kadar kafein pada biji kopi robusta (Coffea robusta). Skripsi. Jember: Universitas dr Soebandi.

Illy, A. and Viani, R. (eds.) (2005) Espresso Coffee: The Science of Quality. 2nd edn. London: Elsevier Academic Press.

Joaquim, G.N. de D., Sunardi and Hastuti, S. (2023) 'Pengaruh metode *roasting* dari beberapa perbandingan biji kopi (Coffee sp.) arabika dan robusta terhadap karakteristik organoleptik seduhan', Agroforetech, 1(1), pp. 548–561.

Khairunnisa, A., Muttaqin, M.I.Z., Hadetata, S., Arista, Y.L.V. and Asfianti, A. (2025) 'Profil organoleptik kopi arabika dan robusta berdasarkan variasi teknik pascapanen', Jurnal Agrokompleks, 6(1), pp. 45–55.

Lawless, H.T. and Heymann, H. (2010) Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. 2nd edn. New York: Springer.

Mareta, N.P.A. and Santoso, R.B. (2026) 'Analisis faktor penurunan volume ekspor kopi Indonesia ke negara Jepang dari tahun 2021–2024', COSTING: Journal of

Economic, Business and Accounting, 9(1), pp. 307–321.

Pallawa, N.B.A. (2022) Pengaruh waktu penyangraian terhadap profil senyawa aroma volatil, kandungan asam amino dan gula pereduksi pada biji kakao hasil fermentasi. Thesis. Makassar: Universitas Hasanuddin.

Priyanto, D.A.M., Hintono, A. and Dwiloka, B. (2022) 'Perbedaan sifat fisikokimia dan organoleptik produk kopi rempah dari kopi arabika (Coffea arabica) dan kopi robusta (Coffea robusta)', Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 11(4), pp. 179–184.

Putri, S.K., Darmawati and Sari, F.M. (2024) 'Analisa kadar kafein pada kopi robusta (Coffea canephora) yang diolah secara tradisional dan modern', Journal of Medical Laboratory Technology, 1(1), pp. 6–10.

Sari, W.P., Sunarharum, W.B. and Maligan, J.M. (2023) 'Kajian literatur: profiling komponen aroma kopi robusta', in Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan. Surabaya: UPN Veteran Jawa Timur, pp. 111–120.

Speer, K. and Kölling-Speer, I. (2006) 'The lipid fraction of the coffee bean', Brazilian Journal of Plant Physiology, 18(1), pp. 201–216.

Toledo, P.R.A.B., Pezza, L., Pezza, H.R. and Toci, A.T. (2016) 'Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds', Food Chemistry, 197, pp. 264–272.

Virhananda, M.R.P., Suroso, E., Nurainy, F., Suharyono, Subeki and Satyajaya, W. (2022) 'Analisis kadar asam klorogenat dan kafein berdasarkan perbedaan lokasi penanaman dan suhu *roasting* pada kopi robusta

(Coffea canephora Pierre)', Jurnal Agroindustri Berkelanjutan, 1(2), pp. 245–252.

Wei, F., Furihata, K., Hu, F., Miyakawa, T. and Tanokura, M. (2014) 'Two-dimensional $^{1}H-^{13}C$ nuclear magnetic resonance (NMR)-based metabolomics for the analysis of roasted coffee', Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(21), pp. 4947–4954.

Wiraputra, D. (2024) 'Review: technology of green coffee bean processing and its role in flavor component formation', Journal of the Science of Food and Agriculture, 1(1), pp. 56–68.

Worku, M., Mohammed, A. and Redi, M. (2022) 'Effects of postharvest processing methods on cup quality of specialty coffee', Heliyon, 8(5), e09324.

Wulandari, T.W. and Daspar (2025) 'Analisis peluang dan tantangan perdagangan produk pertanian kopi: studi kasus Indonesia dan Jepang', Kompeten: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis, 4(1), pp. 1237–1243.

Yudistiro, M.K.K. (2024) Kajian karakteristik sensori kopi robusta bubuk berbagai klon di Kecamatan Bulok Tanggamus. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Yunowo, S.S., Hanasasmita, N., Sunarhum, W.B. and Harijono (2019) 'Effect of different aroma extraction methods combined with GC-MS on the ar

BAB 10
TEKNOLOGI PENYANGRAIAN (*ROASTING*): MEKANISME REAKSI DAN STANDAR MUTU

Oleh Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si.

A. Prinsip Termodinamika dan Perpindahan Panas

Penyangraian kopi pada dasarnya adalah sebuah disiplin pengendalian energi. Transformasi biji kopi hijau (*green bean*) menjadi biji kopi sangrai (*roasted bean*) yang aromatik sepenuhnya bergantung pada bagaimana kita mentransfer energi panas ke dalam struktur sel biji. Memahami teknologi penyangraian berarti memahami bagaimana mesin bekerja sebagai sebuah sistem termodinamika.

1. Mekanisme Perpindahan Panas Utama

Dalam sebuah mesin sangrai tipe drum, terdapat tiga mekanisme utama yang bekerja secara simultan untuk mematangkan biji kopi:

a) Konduksi (Kontak Langsung): Ini adalah perpindahan panas melalui sentuhan fisik. Di dalam mesin, konduksi terjadi saat biji kopi bersentuhan langsung dengan dinding drum yang panas (Dwiartomo et al., 2022). Variabel kunci di sini adalah *Drum Speed* (RPM). Jika

drum berputar terlalu lambat, biji akan menempel terlalu lama pada logam panas dan menyebabkan *scorching* (hangus lokal). Sebaliknya, kecepatan yang tepat menciptakan efek turbulensi yang meratakan distribusi panas konduksi ke seluruh permukaan biji.

b) Konveksi (Media Udara): Udara panas yang ditarik masuk ke dalam drum bertindak sebagai pembawa energi. Konveksi adalah kunci untuk kematangan yang merata hingga ke bagian dalam biji, sebagaimana dijelaskan bahwa "konveksi", perpindahan panas terjadi antara udara panas di dalam drum ke biji kopi (Dwiartomo et al., 2022). Pengendalian *Airflow* (Aliran Udara) sangat krusial; aliran udara yang optimal memastikan panas menembus struktur sel biji tanpa membuang energi secara berlebihan atau menyebabkan biji menjadi "kering" sebelum waktunya.

c) Radiasi: Energi ini berasal dari panas yang memancar dari *burner* (tungku api) dan dinding drum yang membara. Meskipun sering kali tidak terlihat, radiasi memberikan kontribusi pada akumulasi panas di dalam ruang sangrai yang membantu menjaga momentum suhu saat biji mulai menyerap panas secara masif. Radiasi merupakan *'governing phenomena'* dalam transfer panas keseluruhan (Bustos-Vanegas et al., 2025).

2. Manajemen Energi Mesin

Keberhasilan sebuah profil sangrai dimulai bahkan sebelum biji kopi dimasukkan ke dalam mesin. Konsep *Thermal Mass* atau massa termal adalah fondasinya. Mesin *roasting*, terutama yang berbahan besi cor atau baja karbon, memiliki kemampuan untuk menyimpan panas.

a) Stabilitas *Preheating*: Sebelum proses dimulai, mesin harus dipanaskan hingga mencapai titik keseimbangan suhu yang stabil, sebagaimana *preheater* pada drum *roaster* mengurangi konsumsi energi hingga 62,33% dan waktu *roasting* dari 900 s menjadi 720 s dengan meningkatkan efisiensi transfer panas (Andini, Wulandari dan Suryanto, 2025). Hal ini memastikan agar saat biji kopi yang dingin masuk (*fase charge*), mesin memiliki cadangan energi yang cukup untuk mendorong kenaikan suhu kembali tanpa harus memaksa kerja *burner* secara ekstrem.

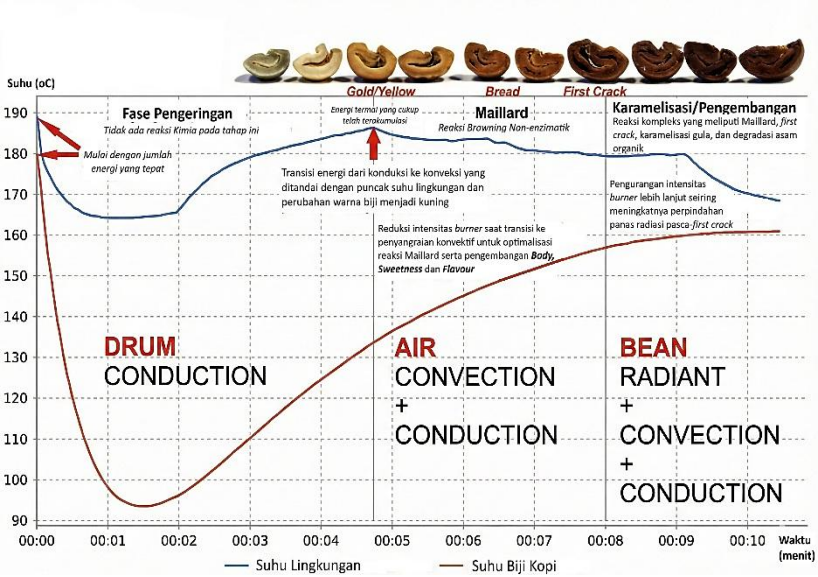
b) Kontrol *Burner* dan Efisiensi Pembakaran: Pengaturan besar kecilnya api bukan sekadar tentang menaikkan suhu, melainkan tentang mengelola *Rate of Rise* (RoR) laju kenaikan suhu per satuan waktu yang bertindak sebagai metrik esensial untuk mengontrol progres *roasting* dan mencapai konsistensi rasa. Efisiensi pembakaran yang baik akan menghasilkan respon suhu yang presisi terhadap perubahan tekanan gas, seperti pada *biogas burner* yang menunjukkan "*efficient combustion*" dengan suhu *superheated steam* stabil hingga 284°C dan pengaturan *burner* untuk *roasting* seragam (Kama et al., 2025). Hal ini memungkinkan *roaster* untuk menavigasi proses dengan akurasi tinggi, menghindari lonjakan suhu yang tidak diinginkan (*flick*) atau penurunan suhu yang mendadak (*crash*), sebagaimana efisiensi 13,30% pada mesin *roasting* LPG mendukung stabilitas pembakaran 0,096 kg/jam (Batubara, Widyasanti dan Yusuf, 2019).

Dengan memahami interaksi antara logam mesin, udara panas, dan *burner*, seorang *roaster* tidak lagi hanya "memanggang" kopi, melainkan mengendalikan sebuah

sistem teknologi yang memastikan setiap biji mendapatkan paparan energi yang presisi untuk memicu reaksi kimia yang diinginkan.

B. Kinetika dan Mekanisme Reaksi Kimia Penyangraian

Jika bagian sebelumnya membahas tentang bagaimana energi dihantarkan ke mesin, maka bagian ini berfokus pada apa yang terjadi di dalam sel biji kopi akibat paparan energi tersebut. Penyangraian adalah rangkaian reaksi kimia kompleks yang mengubah senyawa prekursor yang hambar menjadi ribuan senyawa aromatik yang menentukan karakter rasa (*flavour*) kopi. Proses transformasi ini dapat diamati secara sistematis melalui kurva profil penyangraian, di mana dinamika suhu lingkungan dan suhu biji menjadi kendali utama atas setiap tahapan reaksi fisikokimia yang terjadi. Seiring meningkatnya paparan energi, biji kopi melewati fase pengeringan (*drying*) sebelum memasuki reaksi Maillard yang penting bagi pembentukan bodi dan cita rasa kopi. Dinamika ini terus berkembang hingga tahap karamelisasi/ pengembangan, di mana degradasi asam organik dan *first crack* terjadi secara simultan. Gambar berikut mengilustrasikan bagaimana transisi mekanisme perpindahan panas dari konduksi drum, konveksi udara, hingga radiasi bekerja selaras dengan perubahan visual dan kimiawi biji untuk menghasilkan profil rasa yang optimal.



Gambar 10. 1 Korelasi Antara Profil Suhu (Lingkungan dan Biji Kopi), Fase Reaksi Kimia, dan Mekanisme Perpindahan Panas Selama Proses Penyangraian Kopi

(Sumber: Cooper, 2026)

1. Fase Endotermik /Pengeringan (*Drying Phase*)

Proses dimulai dengan fase penguapan air atau *Drying Phase*, di mana biji kopi bersifat endotermik yaitu menyerap energi panas secara masif dari lingkungan drum untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam struktur sel dengan kadar air rata-rata 10-12% (Bustos-Vanegas et al., 2025). Secara kinetika, fase ini sangat penting karena air bertindak sebagai konduktor panas di dalam biji. Penguapan yang terlalu cepat dapat merusak struktur sel (*tipping*), sementara penguapan yang terlalu lambat dapat menyebabkan kopi terasa "datar" atau *baked*.

2. Reaksi Maillard dan Karamelisasi

Setelah suhu internal biji melewati ambang batas tertentu (sekitar 150°C), dimulailah transformasi kimia yang paling menentukan:

a) Reaksi *Maillard*: Ini adalah reaksi antara asam amino dan gula pereduksi. Reaksi ini bertanggung jawab atas perubahan warna biji menjadi cokelat dan pembentukan senyawa volatil yang menciptakan aroma kacang, roti panggang, dan gurih (Tamanna dan Mahmood, 2015). Kedalaman reaksi ini sangat bergantung pada kontrol *Rate of Rise* (RoR); jika fase ini dikelola dengan baik, kompleksitas rasa kopi akan terbentuk secara optimal seperti pada profil *roasting* dengan suhu 135-210°C kompleksitas rasa kopi akan terbentuk secara optimal melalui pembentukan melanoidin dan degradasi sukrosa menjadi gula pereduksi (Silva Da Costa et al., 2023; Anokye-Bempah et al., 2024)

b) Karamelisasi: Saat suhu terus meningkat, molekul gula di dalam biji mulai pecah. Proses karamelisasi ini menurunkan tingkat keasaman (*acidity*) dan meningkatkan rasa manis (*sweetness*) serta *body* (Mehaya dan Mohammad, 2020). Namun, *roaster* harus berhati-hati; jika karamelisasi berjalan terlalu jauh, rasa manis akan berubah menjadi pahit (gosong/karbon).

3. Fase Eksotermik: *First Crack*

Salah satu momen paling dramatis dalam teknologi penyangraian adalah *First Crack*. Pada titik ini, tekanan uap air dan gas karbon dioksida (CO_2) di dalam sel biji menjadi

begitu besar sehingga merobek struktur sel dan menghasilkan bunyi letupan. Biji kopi beralih dari fase endotermik menjadi eksotermik, di mana biji mulai melepaskan panasnya sendiri ke lingkungan. Navigasi pada tahap ini sangat kritis; lonjakan panas yang tiba-tiba (*flick*) sering terjadi di sini dan dapat menghanguskan senyawa aromatik yang halus jika tekanan gas/api tidak segera disesuaikan.

4. *Development Time Ratio* (DTR)

Setelah *First Crack*, kopi memasuki fase pengembangan atau *Development Time*. Di sinilah profil rasa akhir "dikunci". *Development Time Ratio* (DTR) yaitu rasio waktu setelah *First Crack* terhadap total waktu sangrai menjadi standar mutu utama. DTR yang rendah (misal 15%) cenderung menghasilkan kopi yang sangat asam dan *fruity*, sementara DTR yang lebih tinggi (25%) memberikan keseimbangan rasa cokelat dan karamel yang lebih matang.

C. Pengendalian Variabel Proses (*Process Control*)

Memahami mekanisme reaksi kimia saja tidak cukup; seorang *roaster* harus mampu mengendalikan variabel mesin secara dinamis untuk memastikan reaksi tersebut berjalan sesuai rencana. Pengendalian proses (*process control*) adalah seni menyeimbangkan input energi terhadap respon biji kopi yang selalu berubah selama siklus penyangraian.

1. Navigasi *Rate of Rise* (RoR)

Variabel paling krusial dalam kendali proses adalah *Rate of Rise* (RoR), yaitu kecepatan kenaikan suhu biji per satuan

waktu (biasanya per menit). Secara ideal, RoR harus menunjukkan tren penurunan yang progresif mulai dari titik tertinggi setelah turning point hingga mencapai titik terendah saat kopi dikeluarkan (*drop*)(Rao, 2014).

a) Menghindari *Crash*: Penurunan RoR yang terlalu drastis secara tiba-tiba dapat mengakibatkan kopi kehilangan momentum panas, yang menyebabkan rasa "datar" atau *baked*.

b) Mencegah *Flick*: Sebaliknya, lonjakan RoR di akhir proses (sering terjadi setelah *First Crack*) harus diantisipasi dengan penurunan tekanan gas yang presisi agar rasa manis tidak tertutup oleh rasa pahit karbon.

2. Optimasi *Airflow* (Aliran Udara)

Aliran udara bukan sekadar alat untuk membuang asap, melainkan variabel kontrol suhu yang sangat responsif. Dalam teknologi penyangraian modern, *airflow* digunakan untuk:

a) Manajemen Konveksi: Meningkatkan aliran udara akan meningkatkan perpindahan panas secara konveksi, yang mempercepat penetrasi panas ke dalam inti biji.

b) Kebersihan Sensorik: Memastikan *chaff* (kulit ari) dan gas hasil pembakaran segera keluar dari drum. Penumpukan asap yang terlalu lama di dalam drum akan mencemari profil rasa kopi dengan aroma *smoky* yang tidak diinginkan.

3. Manipulasi Waktu: *Fast* dan *Slow Roasting*

Waktu adalah dimensi yang menentukan hasil akhir dari kontrol suhu.

a) *Fast Roasting*: Dengan memberikan energi besar di awal dan menyelesaikan proses dalam waktu singkat, *roaster* dapat "mengunci" keasaman (*acidity*) yang ringan dan aroma buah yang kompleks. Teknik ini menuntut akurasi tinggi karena toleransi kesalahannya sangat kecil.

b) *Slow Roasting*: Dengan memperpanjang durasi penyangraian, *roaster* memberikan waktu lebih bagi reaksi kimia untuk memecah asam dan membangun struktur karamel yang lebih tebal. Hasilnya adalah kopi dengan body yang intens dan rasa manis yang lebih dominan, namun dengan risiko kehilangan karakter aromatik yang halus jika terlalu lama.

4. Harmonisasi *Drum Speed* (RPM)

Kecepatan putaran drum harus diharmonisasikan dengan kapasitas muatan (*batch size*). RPM yang diatur secara tepat memastikan biji kopi berada dalam kondisi "melayang" yang ideal (*lofting*), sehingga terpapar udara panas (konveksi) dan dinding drum (konduksi) secara seimbang. Pengendalian RPM ini adalah kunci untuk mencapai kematangan warna yang seragam (*uniformity*) di setiap butir biji kopi.

D. Standar Mutu Dan Identifikasi Defek

Keberhasilan sebuah proses teknologi penyangraian tidak diukur dari seberapa canggih mesin yang digunakan, melainkan dari konsistensi mutu produk akhir. Standar mutu dalam penyangraian kopi melibatkan dua aspek evaluasi yang saling melengkapi: analisis fisik objektif dan analisis sensorik subjektif. Bagian ini membahas bagaimana

seorang roaster mendiagnosis kegagalan dan memastikan setiap batch memenuhi profil yang diinginkan.

1. Analisis Fisik Pasca-Sangrai

Evaluasi fisik adalah garis pertahanan pertama dalam kendali mutu. Parameter yang digunakan meliputi:

a) Keseragaman Warna (*Roast Level*): Menggunakan skala visual atau alat ukur colorimeter untuk memastikan derajat kematangan sesuai dengan target (misal: *Light*, *Medium*, *Dark*). Ketidakteraturan warna antar biji dalam satu *batch* menandakan adanya masalah pada distribusi panas atau *drum speed*. Untuk memastikan akurasi dalam diagnosis fisik ini, seorang *roaster* harus merujuk pada tingkatan pemanggangan yang lebih mendalam. Setiap tingkatan memiliki identitas visual, terminologi khusus, hingga angka referensi pada skala Agtron yang menjadi parameter baku bagi para roaster untuk menentukan profil rasa yang akan dihasilkan. Tabel 10.1 secara komprehensif merinci tingkat pemanggangan dari yang paling ringan hingga yang paling gelap, sebagai standar evaluasi visual dan sensorik. Dalam praktiknya, klasifikasi tersebut menjadi acuan bagi roaster untuk menentukan apakah batch tersebut masuk ke dalam "*Target Zone*" atau "*Defect Zone*" (terlalu terang/terlalu gelap). Keseragaman warna di antara tingkatan ini adalah indikator utama stabilitas suhu selama proses penyangraian.

Tabel 10. 1 Standar Tingkat Pemanggangan Kopi

Kelompok Utama	Tingkat Pemanggangan	Skala Agtron	Karakteristik Fisik & Sensorik	Warna Fisik
Light Roast	*1. Green Coffee*	95+	Biji kopi hijau, aroma *grassy*, belum dapat dikonsumsi.	
	2. Cinnamon Roast	85 - 90	Dihentikan tepat saat *first crack*. Sangat asam, bodi tipis.	
	3. New England Roast	75 - 85	Warna cokelat pucat, keasaman kompleks, karakter origin kuat.	
Medium Roast	*4. American Roast*	70 - 75	Cokelat terang, asam yang bersih, populer untuk *cupping*.	
	5. City Roast	60 - 70	Cokelat sedang, keseimbangan asam dan manis yang baik.	
	6. Full City	50 - 60	Cokelat lebih pekat, bodi mulai meningkat, asam mulai turun.	
Medium-Dark	*7. Full City Plus*	45 - 50	Ada bintik minyak kecil, rasa karamel dan cokelat mulai dominan.	
	8. Vienna Roast	40 - 45	Minyak mulai merata, rasa panggangan (*roasty*) mulai muncul.	

Dark Roast	*9. French Roast*	35 - 40	Sangat berminyak, warna cokelat gelap, aroma asap (*smoky*).	
	10. Italian Roast	30 - 35	Hitam kecokelatan, sangat berminyak, rasa pahit yang tajam.	
	11. Neapolitan Roast	25 - 30	Hampir hitam, rasa arang, karakter asli biji hilang total.	
	12. Spanish Roast	< 25	Hitam legam, aroma gosong/terbakar, bodi terasa datar.	

(Sumber: *Coffee Roast Levels: Meaning, Taste, and How To Choose – Colipse*)

b) Penyusutan Berat (*Weight Loss*): Ini adalah indikator efisiensi kinetika panas. Penyusutan berat yang ideal berada di rentang 12% hingga 20% tergantung profilnya. Jika penyusutan terlalu tinggi sementara warna masih terang, hal ini menunjukkan adanya "kehilangan energi" yang tidak efisien selama proses.

c) Identifikasi Cacat Fisik (*Roasting Defects*):

(1) *Scorching & Facing*: Ditandai dengan bercak gosong pada permukaan datar biji akibat suhu drum yang terlalu agresif.

(2) *Tipping*: Gosong pada ujung biji yang menandakan pemberian panas yang terlalu mendadak di awal fase pengeringan.

2. Analisis Sensorik dan Protokol *Cupping*

Standar mutu tertinggi dalam industri kopi adalah rasa. Cupping adalah protokol standar (SCA) untuk mengevaluasi hasil sangrai secara objektif (Fernández-Alduenda and Giuliano, 2021).

a) Atribut Mutu: Meliputi evaluasi terhadap *Cleanliness* (kebersihan rasa), *Sweetness* (intensitas rasa manis), dan *Acidity* (kualitas keasaman). Kopi yang bermutu tinggi harus memiliki keseimbangan di antara atribut-atribut ini.

b) Identifikasi Cacat Rasa (*Sensory Defects*):

   (1) *Underdeveloped*: Rasa seperti rumput atau kacang mentah karena panas gagal menembus inti biji.

   (2) *Baked*: Rasa hambar seperti roti tawar akibat proses sangrai yang kehilangan momentum (RoR terlalu rendah/stagnan).

   (3) *Smoky*: Rasa sangit atau asap akibat manajemen airflow yang buruk sehingga gas buang mencemari biji.

3. Konsistensi dan Replikasi

Standar mutu yang sesungguhnya adalah kemampuan untuk mereplikasi profil yang sama secara berulang. Dengan membandingkan data log sangrai (grafik RoR) terhadap hasil cupping, seorang roaster dapat menarik korelasi teknis untuk melakukan koreksi pada produksi berikutnya. Inilah yang membedakan penyangraian tradisional dengan teknologi penyangraian berbasis data.

E. Manajemen Pasca-Proses dan Stabilitas Produk

Setelah biji kopi dikeluarkan dari drum, tantangan teknologi penyangraian berpindah dari pengendalian energi ke pengendalian stabilitas kimiawi. Mutu kopi yang telah dicapai di dalam mesin bersifat volatil dan rentan terhadap degradasi. Oleh karena itu, manajemen pasca-proses menjadi fase krusial untuk mengunci profil rasa dan memperpanjang masa simpan produk.

1. Kinetika Pendinginan (*Rapid Cooling*)

Sesaat setelah proses penyangraian selesai (*drop*), biji kopi berada pada suhu puncaknya dan reaksi kimia internal masih terus berlangsung. Jika tidak segera dihentikan, panas sisa ini akan menyebabkan "penyangraian berlanjut" yang merusak profil rasa yang sudah direncanakan (Bustos-Vanegas et al., 2025).

a) Kecepatan Pendinginan: Standar industri menuntut biji kopi mencapai suhu ruang dalam waktu kurang dari empat menit.

b) Mekanisme: Penggunaan *cooling tray* dengan daya hisap udara yang kuat memastikan setiap biji melepaskan panasnya secara instan, mencegah aroma yang terkaramelisasi berubah menjadi aroma gosong atau *over-roasted*.

2. Mekanisme Degassing dan Dinamika Rasa

Biji kopi yang baru disangrai mengandung gas karbon dioksida (CO_2) yang sangat tinggi akibat reaksi kimia di dalam drum. Fenomena keluarnya gas ini disebut sebagai *Degassing* (Kam et al., 2026).

a) Pentingnya Waktu Istirahat (*Resting*): Gas CO_2 yang terperangkap dapat bertindak sebagai penghalang fisik saat penyeduhan, mencegah air mengekstraksi senyawa rasa secara optimal.

b) Stabilitas Rasa: Untuk metode filter, kopi biasanya mencapai keseimbangan rasa setelah 3–7 hari, sementara untuk espresso yang melibatkan tekanan tinggi, diperlukan waktu resting 7–14 hari agar crema yang dihasilkan stabil dan rasa tidak terlalu tajam (*harsh*).

3. Integritas Penyimpanan dan Perlindungan Oksidasi

Musuh utama kopi setelah disangrai adalah oksigen (oksidasi), kelembapan, cahaya, dan panas. Teknologi penyimpanan modern harus mengakomodasi kebutuhan gas buang tanpa membiarkan oksigen masuk (Girma, 2024).

a) *One-Way Valve*: Penggunaan kemasan dengan katup searah memungkinkan CO_2 hasil *degassing* keluar namun mencegah masuknya oksigen yang dapat menyebabkan ketengikan (*rancidity*) pada minyak kopi.

b) Stabilitas Sel: Kopi harus disimpan dalam bentuk biji utuh (*whole bean*) untuk menjaga integritas selnya. Penggilingan yang terlalu dini meningkatkan luas permukaan yang terpapar udara secara eksponensial, yang menyebabkan hilangnya aroma aromatik hanya dalam hitungan menit.

DAFTAR PUSTAKA

Andini, M.S., Wulandari, R. and Suryanto, H. (2025) "Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (JMEST) The Effect of Preheater on Heat and Mass Transfer Efficiency Using Rotating Drum Roaster The Effect of Preheater on Heat and Mass Transfer Efficiency Using Rotating," 9(2).

Anokye-Bempah, L. et al. (2024) "The effect of roast profiles on the dynamics of titratable acidity during coffee *roasting*," Scientific Reports |, 14, p. 8237.

Batubara, A., Widyasanti, A. and Yusuf, A. (2019) "Uji Kinerja dan Analisis Ekonomi Mesin *Roasting* Kopi (Studi Kasus di Taman Teknologi Pertanian Cikajang - Garut)," Jurnal Teknotan, 13(1), p. 1.

Bustos-Vanegas, J.D. et al. (2025) "Modeling and simulation of coffee bean heating during *roasting*: effect of heat generation," Frontiers in Food Science and Technology, 5, p. 1603783. Available at: https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1603783.

Coffee Roast Levels: Meaning, Taste, and How To Choose – Colipse (no date). Available at: https://colipsecoffee.com/blogs/coffee/roast-levels (Accessed: February 22, 2026).

Cooper, A. (no date) "The Heat is On." Available at: https://www.eqmr.com.au/articles-on-coffee-*roasting* (Accessed: February 22, 2026).

Dwiartomo, B. et al. (2022) "Perancangan Blade dan Pengembangan Prototipe Tangensial Drum Mesin *Roasting* Kopi," Jurnal Rekayasa Mesin, 17(1), p. 1. Available at:

https://doi.org/10.32497/jrm.v17i1.2798.

Fernández-Alduenda, M.R. and Giuliano, P. (2021) Coffee Sensory and Cupping Handbook. 1st ed. Specialty Coffee Association.

Girma, B. (2024) "International Journal of Current Research and Academic Review The Impact of Packaging and Storage on Coffee Quality: A Review Keywords," Int.J.Curr.Res.Aca.Rev, 12(7), pp. 43–49. Available at: https://doi.org/10.20546/ijcrar.2024.1207.006.

Kam, Y.F. et al. (2026) "Analysis of Quality Loss in The Roasted Coffee Bean Storage and Improvement Based on Internet of Things (IoT)," Adv Agri Food Res J, 7(1), pp. 1–20.

Kama, M. et al. (2025) "Experimental Study of Superheated Steam *Roasting* of Coffee-Guinea Pepper Blend Powered by a Biogas Furnace," Food and Nutrition Sciences, 16(09), pp. 1037–1062. Available at: https://doi.org/10.4236/fns.2025.169059.

Mehaya, F.M. and Mohammad, A.A. (2020) "Thermostability of bioactive compounds during *roasting* process of coffee beans," Heliyon, 6(11). Available at: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05508.

Rao, S. (2014) "The Coffee Roaster's Companion (Scott Rao, 2014).

Silva Da Costa, D. et al. (2023) "Thermal Contaminants in Coffee Induced by *Roasting*: A Review." Available at: https://doi.org/10.3390/ijerph20085586.

Tamanna, N. and Mahmood, N. (2015) "Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition." Available at: https://doi.org/10.1155/2015/526762.

BAB 11
INDUSTRI KOPI: RANTAI NILAI, HILIRISASI, DAN INOVASI PRODUK

Oleh Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si.

A. Pendahuluan Industri Kopi

Kopi telah lama dikenal sebagai komoditas unggulan dalam perdagangan global. Menurut laporan *International Coffee Organization* (2021), konsumsi kopi dunia terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang. Hal ini menunjukkan bahwa kopi bukan hanya menjadi minuman yang dikonsumsi oleh masyarakat di negara penghasil, tetapi juga telah menjadi bagian dari gaya hidup global. Seiring dengan meningkatnya minat terhadap kopi spesialti, permintaan akan produk kopi berkualitas tinggi semakin melonjak (Apriliani, 2023).

Indonesia, sebagai negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia, memiliki keunggulan tersendiri dalam memproduksi kopi (Pasalonk et al., 2023) seperti Gayo, Toraja, dan Bali, kopi yang diproduksi memiliki cita rasa yang sangat khas, yang dihasilkan oleh kondisi geografis dan iklim yang unik. Kopi memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi lokal, terutama di daerah penghasil kopi. Meskipun demikian, sebagian besar kopi Indonesia diekspor dalam bentuk biji mentah, yang mengakibatkan nilai tambah yang diterima petani kopi cenderung rendah. Petani kopi di Indonesia mayoritas

adalah petani kecil yang bergantung pada tanaman kopi sebagai sumber pendapatan utama. Oleh karena itu, kopi berperan besar dalam menciptakan lapangan pekerjaan dan kesejahteraan di tingkat lokal. Pendapatan yang dihasilkan dari penanaman dan pengolahan kopi dapat meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat sekitar.

Tantangan besar masih dihadapi dalam industri kopi Indonesia. Salah satu tantangan utama adalah fluktuasi harga yang seringkali merugikan petani kopi. Petani kopi yang mayoritas tergolong sebagai pelaku usaha kecil seringkali terjebak dalam harga yang rendah akibat ketergantungan pada pasar internasional yang penuh ketidakpastian (Samudra et al., 2022). Selain itu, keterbatasan akses terhadap pasar yang lebih luas dan harga yang tidak stabil menjadikan sektor ini kurang menarik bagi generasi muda di daerah penghasil kopi.

Di sisi lain, kopi Indonesia memiliki potensi besar untuk berkembang jika diolah menjadi produk yang lebih bernilai. Banyak potensi yang belum dimanfaatkan untuk meningkatkan daya saing industri kopi. Salah satu solusi yang dapat dijalankan adalah penguatan rantai nilai dalam industri kopi, mulai dari pemanenan hingga distribusi. Kopi yang diolah menjadi berbagai produk turunan akan lebih bernilai tinggi daripada kopi yang hanya dijual dalam bentuk biji mentah. Selain itu, hilirisasi produk kopi dapat membantu menciptakan lebih banyak lapangan pekerjaan dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal di daerah penghasil kopi.

Industri kopi juga berpotensi besar untuk berkembang dengan memperhatikan tren inovasi produk

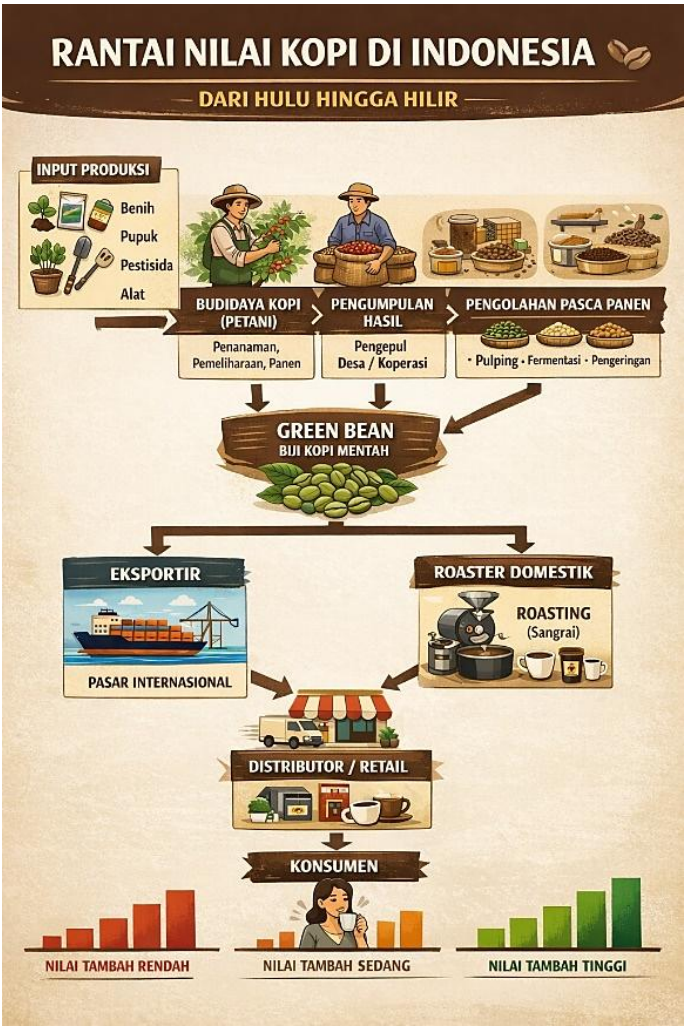
yang sedang populer di pasaran. Saat ini, konsumen semakin tertarik dengan produk kopi yang memiliki nilai tambah, seperti kopi dengan varian rasa yang unik atau kopi organik yang ramah lingkungan yang banyak dieksport ke Amerika (Nopitriyani et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk memahami berbagai aspek dalam pengelolaan rantai nilai, hilirisasi, dan inovasi produk untuk mendorong perkembangan industri kopi Indonesia secara berkelanjutan.

B. Rantai Nilai Kopi

Rantai nilai adalah rangkaian kegiatan yang berhubungan dengan produksi, distribusi, dan konsumsi suatu produk. Dalam industri kopi, rantai nilai mencakup tahapan mulai dari pemilihan bibit kopi yang unggul, penanaman, perawatan, pemanenan, pengolahan, hingga distribusi kopi ke pasar global. Rantai nilai ini berperan penting dalam menentukan kualitas dan harga akhir kopi yang sampai ke konsumen. Oleh karena itu, pengelolaan rantai nilai yang efisien sangat diperlukan untuk meningkatkan daya saing produk kopi. Dalam konteks ekonomi, rantai nilai juga merujuk pada cara-cara di mana suatu produk mendapatkan nilai tambah sepanjang proses produksinya. Rantai nilai yang efisien memungkinkan setiap pemain dalam industri kopi untuk memperoleh keuntungan yang adil.

Keberhasilan suatu industri kopi sangat bergantung pada efisiensi setiap tahapan dalam rantai nilai. Salah satu indikator keberhasilan ini adalah sejauh mana nilai tambah yang tercipta dalam proses pengolahan kopi. Sebagai contoh, kopi yang hanya dijual dalam bentuk biji mentah memiliki nilai tambah yang lebih rendah dibandingkan

dengan kopi yang diolah menjadi kopi bubuk atau kopi siap minum. Oleh karena itu, pengelolaan rantai nilai yang efektif sangat diperlukan untuk meningkatkan daya saing kopi Indonesia di pasar global (Syofya, 2024).



Gambar 11. 1 Rantai Nilai Kopi Indonesia

Proses rantai nilai dalam industri kopi dimulai dari tahap pertama, yaitu penanaman biji kopi oleh petani. Petani kopi di Indonesia memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan kualitas kopi yang dihasilkan. Proses ini dimulai dengan pemilihan bibit kopi yang unggul, yang dapat tumbuh dengan baik di kondisi tanah dan iklim yang ada. Setelah biji kopi ditanam, petani melakukan perawatan terhadap tanaman kopi, seperti pemangkasan dan pengendalian hama, untuk memastikan hasil yang optimal.

Setelah tanaman kopi siap dipanen, biji kopi yang telah matang dipetik dan diproses. Proses pemanenan biji kopi dapat dilakukan dengan cara manual atau menggunakan alat mekanis, tergantung pada skala produksi dan teknologi yang tersedia. Setelah dipetik, biji kopi akan melalui proses pengolahan awal, seperti pencucian untuk menghilangkan lapisan luar biji yang tidak diinginkan. Pada tahap ini, kualitas biji kopi sangat dipengaruhi oleh teknik yang digunakan dalam pengolahan.

Proses pengolahan kopi selanjutnya mencakup pengeringan dan *roasting* biji kopi. Pengeringan biji kopi dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam biji kopi agar dapat disimpan dengan baik tanpa merusak kualitasnya. Proses *roasting* adalah tahap penting dalam menentukan rasa dan aroma kopi. Biji kopi yang di*roasting* pada suhu yang tepat akan menghasilkan cita rasa yang diinginkan, sementara *roasting* yang kurang tepat dapat merusak kualitas kopi (Firdianti, Mardiawan dan Mahmudi, 2025).

Setelah melalui proses *roasting*, kopi kemudian diproses lebih lanjut menjadi produk olahan lainnya, seperti kopi bubuk atau kopi siap minum. Proses ini disebut

hilirisasi, di mana produk kopi yang telah diolah menjadi lebih bernilai. Kopi bubuk, misalnya, dapat dikemas dalam berbagai kemasan untuk dijual kepada konsumen. Sementara itu, kopi siap minum adalah produk olahan kopi yang lebih lanjut, seperti kopi dalam kemasan botol atau kaleng, yang siap dikonsumsi tanpa proses tambahan.



Gambar 11. 2 Kopi Bubuk dalam Kemasan Plastik dan Kemasan Kertas

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026)

Tahap distribusi juga sangat penting dalam proses rantai nilai. Produk kopi yang telah diolah kemudian didistribusikan melalui jaringan distribusi yang efisien, baik di pasar lokal maupun internasional. Distributor berperan dalam memastikan kopi sampai ke pengecer atau konsumen akhir dengan harga yang wajar dan kualitas yang terjaga. Sistem distribusi yang efisien dapat mengurangi biaya transportasi dan memastikan ketersediaan produk kopi di pasar dengan cepat (Pratama et al., 2025).

Proses pemasaran juga merupakan bagian dari rantai nilai yang tak terpisahkan. Pemasaran kopi melibatkan strategi untuk menarik konsumen dan menciptakan

permintaan bagi produk kopi tertentu. Salah satu pendekatan dalam pemasaran kopi adalah dengan menonjolkan kualitas produk kopi, seperti kopi spesialti atau kopi organik, yang memiliki daya tarik tersendiri di pasar internasional. Inovasi dalam kemasan dan branding juga dapat memperkuat posisi kopi di pasar global (Najibah dan Fazizah, 2025).

Selain itu, penting untuk memperhatikan aspek sosial dan lingkungan dalam seluruh proses rantai nilai. Industri kopi harus berusaha untuk memastikan bahwa setiap tahap produksi dilakukan dengan memperhatikan keberlanjutan, seperti penggunaan metode pertanian ramah lingkungan dan pemberdayaan petani kopi. Hal ini akan memastikan bahwa rantai nilai kopi tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi, tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan sosial dan lingkungan (Santoso et al., 2025). Secara keseluruhan, proses rantai nilai dalam industri kopi melibatkan berbagai tahapan yang saling terkait, mulai dari petani hingga konsumen akhir. Setiap tahapan dalam rantai nilai ini harus dikelola dengan baik agar dapat menciptakan produk kopi yang berkualitas tinggi dan bernilai tambah.

C. Hilirisasi Kopi

Hilirisasi dalam agribisnis kopi merupakan proses pengolahan kopi mentah menjadi berbagai produk yang memiliki nilai tambah lebih tinggi, seperti kopi bubuk, kopi instan, atau minuman kopi siap saji. Konsep hilirisasi didasarkan pada upaya meningkatkan nilai ekonomis kopi selain dari penjualan biji mentah sehingga menguntungkan semua pelaku dalam rantai pasok. Proses ini mencakup aktivitas produksi, pengolahan, pemasaran, hingga distribusi produk kopi. Menurut analisis rantai nilai kopi,

hilirisasi merupakan langkah strategis untuk menaikkan manfaat ekonomi serta memperluas peluang pasar, terutama di tengah persaingan global yang ketat.

Dari perspektif ekonomi, produk yang telah diolah memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibanding kopi *green bean* (biji mentah). Ini menciptakan potensi pendapatan lebih besar khususnya bagi petani kecil dan UKM pengolah kopi. Oleh karena itu, hilirisasi menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan pendapatan petani dan memperkuat keberlanjutan ekonomi di komunitas agraris kopi (Lestari et al., 2024).

Hilirisasi juga menciptakan dinamika pasar baru. Produk kopi olahan bisa menjadi komoditas baru dengan permintaan tersendiri, seperti kopi cold brew, kapsul kopi, kopi organik, dan berbagai varian rasa lainnya. Ini sekaligus mendorong inovasi produk yang memenuhi selera konsumen modern. Studi menunjukkan bahwa *value addition* melalui beragam olahan produktif memberikan kontribusi signifikan terhadap pemasukan pelaku usaha kopi (Rengga et al., 2025).

Dalam konteks ketahanan ekonomi lokal, hilirisasi dapat membantu mengurangi ketergantungan pada ekspor biji kopi mentah yang rentan terhadap fluktuasi harga internasional. Dengan produk olahan, negara penghasil kopi dapat memanfaatkan distribusi dan pemasaran di tingkat global, sehingga nilai tambah tetap berada di dalam negeri. Dari sisi konsumen, hilirisasi meningkatkan variasi pilihan produk kopi yang lebih mudah diakses dan dinikmati dalam berbagai bentuk. Produksi kopi siap minum dan varian kopi instan memudahkan konsumen untuk mengonsumsi kopi tanpa proses lanjutan di rumah

atau di café. Tren ini mendorong permintaan global akan produk kopi olahan yang terus tumbuh

Dalam skala industri, hilirisasi mendorong investasi pada teknologi pengolahan dan fasilitas produksi kopi, sehingga memicu pertumbuhan sektor manufaktur kopi. Hal ini berdampak pada penciptaan lapangan kerja dan pengembangan keterampilan teknis pada tenaga kerja lokal, terutama dalam proses *roasting, grinding*, dan *packaging* kopi.

Selain memberi nilai tambah ekonomi, hilirisasi juga memainkan peran penting dalam standar mutu dan keamanan produk. Proses pengolahan formal biasanya mengikuti standar kesehatan dan sertifikasi mutu internasional, yang dapat meningkatkan kepercayaan konsumen global terhadap produk kopi yang dihasilkan. Peran hilirisasi juga dapat dilihat dari sisi daya saing. Negara penghasil kopi yang berhasil mengembangkan hilirisasi produk kopi bisa memposisikan diri tidak hanya sebagai pemasok bahan mentah, tetapi juga sebagai pemasok produk jadi yang memiliki diferensiasi dan nilai unik. Ini meningkatkan daya saing di pasar internasional.

Secara keseluruhan, hilirisasi merupakan strategi penting dalam mengoptimalkan manfaat ekonomi dari komoditas kopi, terutama dalam memperkuat posisi industri kopi suatu negara di pasar global. Dengan dukungan teknologi, investasi, serta kebijakan yang tepat, hilirisasi dapat menjadi pendorong utama keberlanjutan industri kopi. Proses hilirisasi dalam industri kopi merupakan rangkaian panjang yang harus dikelola dengan baik untuk optimalisasi nilai tambah dan memperluas akses pasar produk kopi.

Berikut beberapa keuntungan melakukan hilirisasi kopi:

1. Nilai tambah lebih besar
2. Pendapatan petani & pelaku usaha meningkat
3. Menciptakan lapangan kerja baru
4. Produk kopi memiliki daya saing dipasar global
5. Hilirisasi menyebabkan munculnya diversifikasi produk kopi yang lebih beragam.

D. Inovasi Produk dalam Industri Kopi

Inovasi produk dalam industri kopi sangat beragam dan mencakup banyak aspek, mulai dari perubahan dalam bentuk produk hingga penambahan elemen rasa atau kesehatan. Inovasi produk kopi sering kali didorong oleh kebutuhan konsumen yang semakin beragam, serta tuntutan pasar yang semakin kompetitif. Beberapa jenis inovasi produk kopi yang umum dikenal adalah kopi instan, kopi kapsul, kopi siap saji, hingga kopi spesialti yang dikemas dengan sentuhan inovatif. Inovasi ini tidak hanya berfokus pada kualitas rasa, tetapi juga mencakup aspek kenyamanan dan kepraktisan bagi konsumen.

Tujuan inovasi produk kopi, diantaranya :

1. Meningkatkan nilai tambah
2. Meningkatkan segmen pasar
3. Meningkatkan daya saing global
4. Mendukung hilirisasi kopi
5. Meningkatkan pendapatan petani dan UMKM

Contoh beberapa inovasi produk dan varian baru berbasis kopi, diantaranya :

1. *Cold brew* dan *nitro coffee*
2. *Ready To Drink* (RTD) *coffee* dalam botol/kaleng/kotak
3. Kopi kapsul
4. Teh cascara (kulit buah kopi) dan teh kawa (teh dari daun kopi)
5. Produk turunan: cokelat kopi, es krim, permen kopi
6. Ekstrak kopi untuk kosmetik dan skincare
7. Pangan fungsional berbasis kopi (*coffee* protein bar, *coffee cookies*)

Salah satu inovasi yang telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir adalah kopi siap saji, yang dapat ditemukan dalam bentuk botol atau kemasan kaleng. Kopi siap saji menawarkan kemudahan bagi konsumen yang ingin menikmati kopi tanpa harus melalui proses pembuatan yang rumit. Selain itu, inovasi kopi dalam bentuk kapsul atau pod juga semakin populer, terutama di kalangan konsumen yang menginginkan pengalaman kopi berkualitas tinggi dengan cara yang lebih praktis dan cepat. Kapsul kopi ini memungkinkan pengguna untuk menikmati kopi segar dalam sekejap dengan kualitas yang konsisten, tanpa perlu menggunakan mesin espresso atau alat lainnya.

Inovasi produk kopi juga mencakup penciptaan varian rasa yang lebih menarik dan unik. Misalnya, kopi dengan campuran rasa buah, cokelat, atau rempah-rempah semakin banyak ditemukan di pasaran. Rasa kopi yang lebih beragam ini dapat menarik segmen pasar yang lebih

luas, dari penggemar kopi tradisional hingga konsumen yang lebih terbuka terhadap eksperimen rasa. Selain itu, tren kopi sehat juga semakin berkembang, dengan produk-produk kopi yang mengandung bahan tambahan seperti kolagen, susu nabati, atau bahkan bahan-bahan organik yang dianggap lebih baik untuk kesehatan. Melalui inovasi ini, industri kopi mampu menjangkau konsumen dengan preferensi yang sangat berbeda-beda.



Gambar 11. 3 Contoh Kopi Siap Saji dalam Kemasan Botol dan Kotak

(Sumber: Dokumentasi penulis, 2026)

Inovasi jenis produk juga berhubungan erat dengan upaya untuk meningkatkan keberlanjutan. Misalnya, produk kopi organik dan kopi yang diproduksi dengan prinsip fair trade semakin banyak diminati. Konsumen yang semakin peduli dengan dampak lingkungan dan sosial dari produk yang mereka konsumsi, semakin mencari kopi yang diproduksi secara berkelanjutan dan adil. Oleh karena itu, perusahaan kopi yang dapat mengembangkan produk kopi dengan standar keberlanjutan yang tinggi akan memiliki daya tarik tersendiri di pasar global. Inovasi dalam produk kopi ini juga mencakup penyediaan kopi

yang ramah lingkungan, dengan pengemasan yang dapat didaur ulang atau menggunakan bahan-bahan yang lebih ramah lingkungan.

Selain itu, inovasi produk dalam industri kopi juga terkait dengan adaptasi terhadap teknologi baru dalam proses produksi. Beberapa produsen kopi kini menggunakan mesin pemrosesan yang lebih canggih untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi produk. Misalnya, teknologi pengolahan biji kopi yang lebih presisi dapat menghasilkan produk akhir dengan rasa yang lebih konsisten dan kualitas yang lebih tinggi. Ini sangat penting untuk menjaga kepercayaan konsumen terhadap produk kopi yang dihasilkan, terutama di pasar kopi spesialti yang sangat mengutamakan kualitas.

Secara keseluruhan, inovasi produk dalam industri kopi tidak hanya menciptakan produk yang lebih beragam, tetapi juga memberikan nilai tambah yang dapat meningkatkan daya saing kopi di pasar internasional. Oleh karena itu, penting bagi pelaku industri kopi untuk terus berinovasi dan menyesuaikan produk mereka dengan kebutuhan pasar yang terus berkembang. Hal ini tidak hanya akan memenuhi ekspektasi konsumen, tetapi juga membuka peluang pasar baru yang sebelumnya tidak terjangkau.

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan produk kopi baru telah menunjukkan tren yang sangat menarik dan menjanjikan. Produk kopi yang dulunya dianggap sederhana, kini berkembang menjadi berbagai bentuk yang sangat bervariasi, dengan rasa, kemasan, dan teknologi yang lebih modern. Salah satu produk yang semakin populer adalah kopi dengan varian rasa yang

beragam. Kopi dengan tambahan rasa seperti cokelat, karamel, vanila, dan bahkan rasa buah-buahan seperti stroberi dan jeruk kini mudah ditemukan di pasaran. Produk-produk ini tidak hanya menawarkan cita rasa baru yang menarik, tetapi juga memberikan pengalaman kopi yang lebih kompleks bagi para konsumennya.



Gambar 11. 4 Contoh Kopi dengan Bahan Tambahan

(Sumber: Dokumentasi penulis, 2026)

Perkembangan varian rasa ini sangat didorong oleh keinginan konsumen untuk mencoba sesuatu yang baru dan berbeda. Terutama di kalangan generasi muda, yang semakin tertarik untuk mencoba berbagai variasi kopi yang lebih kreatif dan menyegarkan. Inovasi rasa ini juga terlihat dalam produk kopi dingin (*cold brew*) yang dipadukan dengan berbagai macam rasa dan bahan tambahan. Misalnya, cold brew dengan rasa mint, cokelat, atau bahkan rasa rempah-rempah seperti kayu manis, memberikan pengalaman baru yang sebelumnya tidak terbayangkan dalam dunia kopi tradisional.

Selain varian rasa, perkembangan kopi juga melibatkan penambahan bahan-bahan fungsional dalam produk kopi, seperti kopi yang mengandung bahan-bahan

sehat seperti kolagen, probiotik, atau bahkan bahan-bahan untuk meningkatkan fokus dan energi, seperti ekstrak ginseng atau matcha. Produk-produk kopi ini semakin mendapat perhatian konsumen yang peduli dengan kesehatan dan kebugaran tubuh. Kopi yang diperkaya dengan bahan-bahan tambahan ini memberikan manfaat ganda: rasa yang enak dan tambahan manfaat kesehatan. Inovasi ini berpotensi untuk membuka pasar kopi ke segmen konsumen yang lebih luas, yang tidak hanya mencari kenikmatan rasa tetapi juga manfaat kesehatan dari kopi.

Produk kopi berbasis rasa juga mencakup tren kopi ramah lingkungan, di mana produsen kopi menambahkan bahan-bahan alami yang lebih berkelanjutan. Kopi organik dan kopi dengan bahan tambahan yang ditanam tanpa pestisida semakin populer di kalangan konsumen yang peduli akan keberlanjutan. Produk-produk kopi dengan pendekatan keberlanjutan ini tidak hanya menarik minat konsumen yang peduli terhadap isu lingkungan, tetapi juga memberi nilai tambah pada produk kopi yang dihasilkan.



Gambar 11. 5 Contoh Kopi Siap Konsumsi

(Sumber: Dokumentasi penulis, 2023)

Dengan berkembangnya permintaan untuk kopi dengan varian rasa dan manfaat tambahan, banyak perusahaan kopi yang terus berinovasi dengan menawarkan produk baru yang sesuai dengan tren pasar. Ini membuka peluang besar bagi para petani kopi dan produsen lokal untuk menciptakan produk kopi baru yang dapat bersaing di pasar internasional. Dalam konteks globalisasi industri kopi, inovasi varian rasa dan kopi fungsional adalah langkah penting untuk menjaga daya saing produk kopi di pasar dunia.

Tidak hanya itu, peran teknologi dalam pengembangan varian rasa kopi juga sangat besar. Dengan kemajuan dalam teknik pemrosesan dan pengolahan kopi, produsen kini dapat mengeksplorasi lebih banyak varian rasa dan teknik penyajian baru. Misalnya, teknologi infus rasa yang memungkinkan kopi menyerap rasa buah atau rempah secara lebih efisien dan konsisten, memberi keuntungan bagi produsen kopi untuk menghasilkan produk dengan rasa yang lebih kaya dan lebih beragam.

Selain dari biji kopi inovasi produk juga muncul dari bahan lain seperti kulit kopi (teh cascara) dan daun kopi (teh kawa). Teh cascara merupakan minuman dari kulit kopi kering yang memiliki cita rasa unik dengan aroma buah dan bunga, serta berpotensi sebagai minuman fungsional yang digemari secara global (Norlin dan An, 2021).

Pasar global untuk produk cascara menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Pertumbuhan ini didorong oleh meningkatnya permintaan minuman fungsional dan makanan sehat. Survei dan riset pasar menunjukkan bahwa konsumen semakin menerima dan mencari produk

berbasis cascara, baik sebagai minuman seperti the cascara maupun dalam bentuk makanan seperti camilan dan bahan tambahan makanan. Berdasarkan hasil penelitian (Maryanti, 2025). Teh cascara yang disukai konsumen dan memiliki karakteristik fisikokimia dan sensori terbaik yaitu pada varietas kopi robusta dengan tingkat kematangan merah.



Gambar 11. 6 Cascara (Teh Kulit Kopi)

(Sumber: Dokumentasi penulis, 2025)

Pada akhirnya, perkembangan produk kopi baru dan varian rasa tidak hanya meningkatkan pilihan konsumen tetapi juga memberikan dampak positif terhadap ekonomi global industri kopi. Produk-produk ini memberi nilai tambah pada komoditas kopi, memperkenalkan berbagai inovasi yang sesuai dengan keinginan pasar, dan menciptakan peluang baru di pasar kopi internasional. Hal ini menegaskan pentingnya inovasi produk dalam memastikan pertumbuhan dan keberlanjutan industri kopi ke depan.

DAFTAR PUSTAKA

Apriliani, P. (2023) 'Analis Peluang Strategis Dan Tren Ekspor Kopi Indonesia Di Pasar Apec (Studi Kasus Ekspor Kopi Indonesia Ke Jepang)', pp. 140–150.

Firdianti, S.B., Mardiawan, A.P. and Mahmudi, K. (2025) 'Analisis Konsep Fisika Pada Teknologi *Roasting* Biji', 9(5), pp. 108–122.

Lestari, M.D. *et al.* (2024) 'Hilirisasi Agribisnis Kopi Dalam Upaya Peningkatan', pp. 1–6.

Maryanti (2025). Karakteristik Fisikokimia Dan Sensori Teh Cascara Dari Kulit Buah Kopi Robusta Dan Arabika Pada Berbagai Tingkat Kematangan. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-11, *Nasional, Seminar Riset, Terapan*, 11(1), pp. 676–683.

Najibah, D. and Fazizah, A. (2025) 'Upaya Branding Umkm Kopi Dua Gunung', 7, pp. 480–492.

Nopitriyani, S. *et al.* (2023) 'Analisis Kopi Organik Indonesia', 2, pp. 3593–3601.

Norlin, B. and An, S. (2021) 'Chemical Characteristics of Cascara , Coffee Cherry Tea , Made of Various Coffee Pulp Treatments Chemical Characteristics of Cascara , Coffee Cherry Tea , Made of Various Coffee Pulp Treatments'. Available at: https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012030.

Pasalonk, B. *et al.* (2023) 'Daya Saing Indonesia Dalam Ekspor Kopi Dunia', 2(3), pp. 624–632.

Pratama, A. *et al.* (2025) 'Supply Chain Management (Scm) Komoditas Kopi', 9(6), pp. 10346–10353.

Rengga, V.C. *et al.* (2025) 'Pengembangan Produk Olahan Kopi sebagai Upaya Pemberdayaan Ekonomi Petani di

Desa Karangpring Kabupaten Jember Abstrak Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia', 6(1), pp. 19–26.

Samudra *et al.* (2022) 'Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Fluktuasi', *Ekonomika, Jurnal*, 6(2), pp. 101–111.

Santoso, I. *et al.* (2025) 'Analisis rantai nilai dalam aspek lingkungan dan ekonomi menggunakan VCOR pada petani kopi di Malang', 19(1), pp. 142–154. Available at: https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i1.23430.

Syofya, H. (2024) 'Analisis Nilai Tambah Untuk Meningkatkan Keberlanjutan Rantai Pasok Agroindustri Kopi di Kabupaten Kerinci', 5(9), pp. 4556–4568.

BAB 12
KOPI DALAM EKONOMI DAN PERDAGANGAN GLOBAL: TREN, TANTANGAN, DAN PELUANG

Oleh Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc.

A. Pendahuluan: Kopi sebagai Komoditas Strategis

Kopi telah melampaui statusnya sebagai sekadar minuman gaya hidup; ia adalah mesin penggerak ekonomi yang menghubungkan jutaan individu dari perkebunan terpencil di wilayah geografis spesifik yang dikenal sebagai *"Coffee Belt"* (Sabuk Kopi). Wilayah ini mencakup negara-negara tropis di sepanjang garis khatulistiwa yang menyediakan suhu, curah hujan, dan ketinggian ideal bagi pertumbuhan varietas Arabika dan Robusta, hingga pusat-pusat konsumsi di kota-kota besar dunia. Sebagai salah satu komoditas tropis paling berharga, dinamika perdagangan kopi mencerminkan kompleksitas hubungan ekonomi antara belahan bumi selatan (*Global South*) dan utara (*Global North*).

1. Signifikansi Ekonomi

Kopi adalah salah satu komoditas agrikultur yang paling banyak diperdagangkan di dunia dalam perdagangan internasional. Kopi memiliki kekuatan ekonomi bukan hanya karena ukuran fisiknya, tetapi juga karena nilai

tambah yang dihasilkannya sepanjang rantai nilai, mulai dari biji mentah (biji hijau) hingga produk ritel siap konsumsi.

Ketika harga kopi berubah di bursa berjangka seperti New York dan London, ini berdampak langsung pada stabilitas ekonomi makro negara-negara produsen karena kopi merupakan komoditas ekspor utama yang memberikan likuiditas bagi negara-negara produsen (International Coffee Organization [ICO], 2023). Menurut (Ponte, 2019a), peningkatan konsumsi di pasar baru muncul (*emerging markets*) dan tren kopi spesial telah memperluas cakrawala perdagangan global, menjadikan kopi sebagai alat penting dalam integrasi pasar internasional.

2. Kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan Stabilitas Makroekonomi

Bagi banyak negara berkembang di sabuk kopi dunia, sektor ini bukan sekadar aktivitas pertanian, melainkan pilar penyangga Produk Domestik Bruto (PDB). Negara-negara produsen utama seperti Brazil, Vietnam, dan Indonesia menunjukkan bagaimana komoditas tunggal dapat memengaruhi kesehatan fiskal nasional. Di Brazil, integrasi teknologi dan efisiensi mekanisasi telah menciptakan skala ekonomi yang menjadikan kopi sebagai kontributor utama dalam neraca perdagangan sektor agribisnis (Ministério da Agricultura e Pecuária [MAPA], 2023). Sementara itu, Vietnam berhasil melakukan transformasi ekonomi melalui ekspansi masif produksi Robusta, yang kini menyumbang sekitar 3% dari total PDB nasional dan menjadi sumber devisa kedua terbesar setelah beras di sektor pertanian (Association, 2022).

Indonesia, sebagai produsen kopi terbesar keempat di dunia, memiliki ketergantungan yang signifikan pada sektor ini untuk penguatan ekonomi wilayah pedesaan. Sektor perkebunan kopi di Indonesia menyumbang nilai tambah bruto yang krusial bagi PDB sektor pertanian, di mana ekspor biji kopi menjadi salah satu penghasil devisa non-migas yang paling stabil (Statistik, 2023). Lebih jauh lagi, kopi berfungsi sebagai instrumen "katup pengaman" ekonomi (*economic safety valve*); ketika harga komoditas tambang fluktuatif, sektor kopi seringkali menjadi penyeimbang likuiditas bagi jutaan rumah tangga petani (Neilson, 2021).

Secara global, aliran modal dari ekspor kopi sangat vital bagi negara-negara *Least Developed Countries* (LDCs) untuk membiayai impor barang modal dan menyeimbangkan defisit transaksi berjalan (Organization, 2023a). Data di bawah ini merangkum posisi strategis tiga produsen terbesar dunia yang menjadi pilar pasokan global dan kontribusinya terhadap neraca perdagangan masing-masing negara.

Tabel 12. 1 Profil Ekonomi dan Kontribusi Sektor Kopi pada Negara Produsen Utama (Estimasi 2023-2024)

Negara	Produksi Tahunan (Juta Kantong 60kg)	Pangsa Pasar Global (%)	Nilai Ekspor Estimasi (Miliar USD)	Karakteristik Kontribusi Ekonomi
Brazil	66.3	37%	8,5–9,2	Dominasi ekspor mekanisasi; penggerak utama surplus perdagangan

				agribisnis.
Vietnam	27.5	15%	4,0–4,5	Fokus pada Robusta; menyumbang signifikan pada PDB sektor pertanian dan devisa.
Indonesia	11.8	~6-7%	1,2–1,5	Keberagaman varietas; penyangga ekonomi kerakyatan di wilayah Sumatera, Jawa, dan Sulawesi.
Kolombia	11.5	6%	3,8–4,0	Nilai tambah tinggi (specialty coffee); instrumen stabilitas sosial pedesaan.

(Sumber: Diolah dari International Coffee Organization (ICO, 2024), United States Department of Agriculture (Agriculture, 2023), dan laporan tahunan bank sentral masing-masing negara)

Pada Tabel 12.1, menunjukkan konsentrasi produksi kopi global masih berpusat pada segelintir negara yang memiliki keunggulan komparatif secara geografis. Brazil tetap menjadi market leader dengan konstribusi nilai ekspor yang mencapai lebih dari 8 miliar USD, yang secara langsung memperkuat Cadangan devisa negara tersebut (CONAB, 2023)

Di sisi lain, Indonesia menunjukkan profil yang unik; meskipun volume produksinya berada di bawah Vietnam, namun nilai ekonomi kopi di Indonesia memiliki dampak pengganda (*multiplier effect*) yang luas karena struktur kepemilikan lahan yang didominasi oleh 95% petani rakyat (Perkebunan, 2023). Hal ini menegaskan bahwa fluktuasi

harga kopi internasional di bursa komoditas bukan hanya angka statistik, melainkan variabel penentu daya beli jutaan rumah tangga di pelosok negeri."

3. Ekosistem Lapangan Kerja: Estimasi Jumlah Petani Kecil dan Tenaga Kerja dalam Rantai Pasok Kopi

Di luar dampak ekonominya yang cukup besar, kopi merupakan sarana penghidupan yang penting dengan dimensi sosial yang mendalam. Kopi sering digambarkan sebagai "barang konsumsi," sebuah istilah yang jelas tercermin dalam struktur lapangan kerja yang dihasilkannya. Secara global, diperkirakan lebih dari 100 juta orang bergantung secara langsung atau tidak langsung pada sektor kopi, mulai dari budidaya dan pengolahan hingga logistik dan distribusi akhir (Enveritas, 2021).

Karakteristik paling krusial dari ekosistem ini adalah dominasi petani kecil (*smallholders*). Diperkirakan terdapat sekitar 25 juta unit usaha tani kecil di seluruh dunia yang mengelola lahan kurang dari dua hektar, namun mereka bertanggung jawab atas produksi sekitar 80% dari total kopi dunia (Organization, 2023b) Kondisi ini menciptakan kerentanan sekaligus kekuatan; kerentanan karena ketergantungan pada fluktuasi harga pasar global, dan kekuatan karena peran mereka sebagai penjaga keanekaragaman hayati dan stabilitas ekonomi pedesaan.

Di Indonesia, fenomena ini terlihat lebih tajam. Berbeda dengan negara seperti Brazil yang didominasi perkebunan besar berskala industri, sektor kopi Indonesia sekitar 95% dikelola oleh perkebunan rakyat yang melibatkan lebih dari 1,86 juta rumah tangga petani (Perkebunan, 2023). Hal ini menjadikan kopi sebagai salah satu penyerap tenaga kerja terbesar di sektor agrikultur

nasional, yang berfungsi sebagai "katup pengaman" ekonomi bagi masyarakat pedesaan di wilayah Sumatera, Jawa, hingga Papua.

Lebih jauh lagi, ekosistem lapangan kerja kopi saat ini telah mengalami ekspansi progresif ke arah hilir. Lonjakan konsumsi domestik di Indonesia telah melahirkan ekonomi kreatif baru yang menyerap tenaga kerja muda terampil. Menjamurnya kedai kopi spesialti dan industri roastery lokal tidak hanya mengubah pola konsumsi, tetapi juga menciptakan ribuan lapangan kerja baru bagi barista, kurator kopi, dan teknisi mesin kopi (Prastowo & Arifin, 2021). Namun, tantangan besar tetap membayangi: adanya kesenjangan pendapatan yang lebar antara pekerja di sektor hilir yang modern dengan petani di sektor hulu yang masih menghadapi kendala akses modal dan teknologi. Keberlanjutan ekosistem ini sangat bergantung pada upaya regenerasi petani muda agar mata rantai produksi tidak terputus di masa depan.

B. Tren Perdagangan Kopi Global

Lanskap perdagangan kopi dunia saat ini sedang mengalami transformasi fundamental yang didorong oleh perubahan perilaku konsumen dan kesadaran etis. Tidak lagi sekadar komoditas massal (*bulk commodity*), kopi telah berevolusi menjadi produk pengalaman yang sarat dengan nilai narasi dan identitas.

1. Pergeseran Konsumsi: *The Third Wave & Beyond*

Perdagangan kopi global tidak lagi sekadar tentang volume dan harga komoditas di bursa berjangka, melainkan telah bertransformasi menjadi industri yang berbasis pada nilai, estetika, dan narasi. Fenomena ini paling jelas terlihat

dalam pergerakan yang dikenal sebagai The Third Wave of Coffee. Pada fase ini, kopi diperlakukan dengan apresiasi yang setara dengan minuman artisan lainnya seperti wine atau craft beer, di mana konsumen mulai peduli pada detail mikroskopis dari biji yang mereka konsumsi (Ponte, 2019b).

Pergeseran ini ditandai oleh tiga pilar utama dalam perilaku konsumen modern:

a. Fokus pada Kualitas dan Profil Rasa**:** Konsumen tidak lagi mencari sekadar rasa "pahit" atau "asam" yang umum, melainkan mencari profil rasa spesifik seperti *fruity*, *floral*, atau *nutty* yang dihasilkan dari varietas unggul dan presisi dalam pemrosesan pascapanen. Studi perilaku konsumen dalam konteks kopi Arabika spesifik daerah produksi menunjukkan bahwa atribut rasa dan aroma merupakan determinan utama dalam keputusan pembelian (A'la, 2024). Lebih jauh, peningkatan literasi konsumen mengenai proses *roasting* dan metode ekstraksi memperkuat kecenderungan evaluasi berbasis kualitas. Dalam konteks ini, kualitas tidak lagi dipersepsikan semata sebagai intensitas rasa, tetapi sebagai kompleksitas dan keunikan *sensory profile*.

b. Transparansi Asal-Usul (*Single Origin*): Terdapat tren kuat untuk meninggalkan campuran kopi anonim (*blend*) dan beralih ke kopi *single origin*. Hal ini memungkinkan konsumen untuk melacak kopi hingga ke tingkat *micro-lot* atau perkebunan spesifik. Penelitian terkini mengenai keberlanjutan dalam rantai pasok kopi menegaskan bahwa transparansi dan

traceability menjadi faktor penting dalam membangun kepercayaan konsumen (Petrillo et al., 2025)

Selain itu, konsumen specialty menunjukkan preferensi yang lebih tinggi terhadap kopi berlabel *fair trade* dan berkelanjutan yang diasosiasikan dengan praktik perdagangan yang lebih adil (Galarraga & Markandya, 2004) Hal ini menunjukkan bahwa narasi mengenai ketinggian tanam, metode pengolahan, hingga identitas petani bukan sekadar informasi tambahan, melainkan bagian dari proposisi nilai produk.

c. Ritual Penyeduhan Manual (*Manual Brewing*) dan *Fourth Wave*: Teknik seperti V60, Chemex, dan Aeropress telah berpindah dari laboratorium barista ke dapur rumah tangga. Metode ini dianggap mampu mengekstraksi karakter asli biji kopi secara lebih transparan dibandingkan mesin otomatis, sekaligus memberikan pengalaman reflektif bagi penyeduhnya.

Lebih jauh, industri kopi memasuki fase yang sering disebut sebagai *Fourth Wave*, di mana batas antara kualitas produk dan tanggung jawab sosial menjadi semakin kabur. Dalam era ini, konsumen tidak hanya membeli rasa, tetapi juga nilai etis di balik produk tersebut (Samoggia et al., 2018). Pergeseran konsumsi ini mendorong pelaku perdagangan global untuk merestrukturisasi rantai pasok agar lebih transparan dan berkelanjutan.

2. Standardisasi, Sertifikasi, dan Transformasi Tata Kelola Global

Dalam dekade terakhir, standardisasi bukan lagi sekadar instrumen diferensiasi produk, melainkan telah berevolusi menjadi "paspor" utama bagi komoditas kopi untuk

menembus pasar negara maju. Pergeseran paradigma ini dipicu oleh meningkatnya tuntutan konsumen global akan etika produksi yang mencakup aspek lingkungan, sosial, dan transparansi ekonomi. Sertifikasi keberlanjutan kini menjadi garda terdepan dalam merespons eksternalitas negatif industri kopi, seperti deforestasi dan rendahnya tingkat kesejahteraan petani kecil (Arifin, 2022).

a. Institutional Pressure dan Evolusi Sertifikasi

Dalam perspektif institutional theory, meningkatnya permintaan terhadap kopi bersertifikat tidak dapat dipahami semata sebagai respons pasar, melainkan sebagai hasil dari tekanan institusional (*institutional pressures*) yang bersifat koersif, normatif, dan mimetik. Tekanan koersif muncul melalui regulasi seperti *EU Deforestation Regulation (EUDR)*, yang mewajibkan pembuktian bebas deforestasi berbasis koordinat geografis (Bager et al., 2022a). Tekanan normatif berasal dari ekspektasi konsumen global terhadap praktik produksi yang etis dan berkelanjutan (Grabs & Ponte, 2022). Sementara itu, tekanan mimetik mendorong perusahaan untuk mengadopsi sertifikasi karena praktik tersebut telah menjadi standar industri global.

Dalam konteks ini, sertifikasi seperti *Fairtrade*, *Rainforest Alliance*, dan organik berfungsi sebagai mekanisme legitimasi institusional. Produk bersertifikat memperoleh legitimasi moral dan kognitif di pasar negara maju karena diasosiasikan dengan tata kelola yang bertanggung jawab (Dietz et al., 2022). Dengan demikian, sertifikasi tidak lagi sekadar diferensiasi produk, melainkan "paspor institusional" untuk mempertahankan akses pasar.

Namun, institutional theory juga menyoroti adanya potensi *decoupling*, yaitu ketika adopsi standar lebih bersifat simbolik daripada substantif. Beberapa studi menunjukkan bahwa manfaat ekonomi bagi petani kecil tidak selalu sebanding dengan biaya sertifikasi yang ditanggung (Meemken & Bellemare, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa legitimasi pasar belum tentu berbanding lurus dengan redistribusi nilai yang adil di tingkat hulu.

b. *Global Value Chain* (GVC) dan Redistribusi Kekuasaan

Dalam kerangka *Global Value Chain* (GVC), industri kopi merupakan contoh klasik rantai nilai yang terfragmentasi secara geografis namun terkonsentrasi secara kekuasaan. Nilai tambah terbesar seringkali terkonsentrasi pada tahap hilir (*roasting*, branding, retail), sementara produsen di hulu menghadapi volatilitas harga dan margin rendah.

Sertifikasi dan regulasi seperti EUDR dapat dipahami sebagai bentuk private and public governance mechanisms dalam GVC yang mengatur standar produksi dan akses pasar (Grabs & Ponte, 2022). Standar keberlanjutan menjadi instrumen koordinasi rantai nilai, tetapi juga berpotensi menciptakan hambatan masuk (*compliance barriers*) bagi petani kecil yang tidak memiliki kapasitas administratif dan finansial memadai.

Dengan demikian, standardisasi dapat menghasilkan dua kemungkinan hasil dalam GVC:

1) Upgrading, ketika petani memperoleh akses pasar premium dan peningkatan posisi tawar.

2) Exclusion, ketika petani yang tidak mampu memenuhi standar tersingkir dari pasar bernilai tinggi.

Transformasi tata kelola global kopi karenanya tidak netral, melainkan sarat dinamika kekuasaan dan negosiasi institusional.

3. Digitalisasi Rantai Pasok sebagai *Sustainability Transition*

a. *Blockchain* dalam Perspektif GVC dan Institutional Change

Digitalisasi rantai pasok melalui teknologi blockchain dapat dianalisis sebagai inovasi tata kelola dalam GVC. Blockchain memungkinkan pencatatan transaksi yang transparan dan tidak dapat diubah (*immutable ledger*), sehingga mengurangi asimetri informasi antara hulu dan hilir (Petrillo et al., 2025). Dalam konteks institutional theory, blockchain berfungsi sebagai alat untuk memperkuat kredibilitas klaim keberlanjutan.

Sistem pelacakan berbasis QR code dan koordinat geografis memperkuat kepatuhan terhadap regulasi deforestasi dan standar sertifikasi (Bager et al., 2022a). Dengan demikian, digitalisasi menjadi respons adaptif terhadap tekanan koersif dan normatif global. Namun, adopsi teknologi ini juga menciptakan risiko reproduksi ketimpangan struktural. Tanpa dukungan kapasitas dan literasi digital, petani kecil dapat semakin terpinggirkan dalam sistem berbasis data (Grabs & Ponte, 2022).

b. *Sustainability Transition* dan Re-Konfigurasi Sistem

Dalam kerangka *sustainability transition*, transformasi industri kopi mencerminkan pergeseran dari rezim produksi konvensional menuju sistem yang lebih

transparan, rendah deforestasi, dan berbasis akuntabilitas digital. Transisi ini didorong oleh interaksi antara tekanan regulasi (EUDR), inovasi teknologi (*blockchain*), serta perubahan preferensi konsumen.

Digital *traceability* berpotensi menghasilkan:

1) Peningkatan kepercayaan konsumen dan *price premium*
2) Efisiensi logistik dan dokumentasi perdagangan
3) Integrasi data lingkungan dalam sistem pasar

Namun, keberhasilan transisi bergantung pada koordinasi multi-aktor pemerintah, perusahaan multinasional, koperasi petani, dan penyedia teknologi. Tanpa intervensi kebijakan yang inklusif, transformasi digital berisiko memperdalam digital divide dan menciptakan bentuk baru eksklusi ekonomi.

C. Tantangan dalam Industri Kopi

Industri kopi global saat ini berdiri di persimpangan jalan yang penuh dengan paradoks. Di satu sisi, permintaan dunia terhadap kopi berkualitas tinggi terus melonjak, namun di sisi lain, fondasi produksi di tingkat hulu menghadapi tekanan sistemik yang mengancam keberlanjutannya. Tantangan yang dihadapi tidak lagi bersifat linear atau terbatas pada satu wilayah geografis, melainkan telah menjadi jaringan masalah multisektoral yang saling berkelindan. Dari fluktuasi harga yang dipacu oleh spekulasi pasar finansial hingga krisis ekologis yang dipicu oleh perubahan iklim, setiap elemen dalam rantai nilai kopi kini dituntut untuk beradaptasi dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Membedah tantangan ini memerlukan perspektif yang holistik, di mana aspek ekonomi makro harus dipahami bersamaan dengan realitas sosiologis di tingkat petani.

1. Volatilitas Harga Komoditas: Ketergantungan pada C-Price

Stabilitas ekonomi petani kopi di seluruh dunia sangat bergantung pada harga referensi global yang ditentukan di bursa komoditas New York (*ICE Futures*), yang dikenal sebagai *C-Price*. Sistem harga ini sangat rentan terhadap spekulasi pasar dan fluktuasi pasokan dari negara-negara produsen raksasa seperti Brazil dan Vietnam, yang sering kali tidak mencerminkan biaya produksi riil di tingkat petani kecil (Ponte, 2019b). Akibatnya, ketika harga pasar global anjlok di bawah ambang batas biaya produksi, petani kopi terpaksa menghadapi kerugian finansial yang signifikan.

Ketidakpastian harga ini menciptakan siklus kemiskinan yang sulit diputus, terutama bagi petani yang tidak memiliki akses ke pasar *specialty* atau kontrak jangka panjang. Volatilitas harga yang ekstrem menghambat kemampuan petani untuk berinvestasi kembali dalam kebun mereka, baik untuk pembelian pupuk berkualitas maupun perbaikan infrastruktur pascapanen (Schoenengard, 2023). Dampaknya, kesejahteraan rumah tangga petani sering kali menjadi taruhan utama dalam dinamika perdagangan komoditas global yang impersonal.

Dalam jangka panjang, ketergantungan pada *C-Price* mendorong perlunya diversifikasi pendapatan dan penguatan kelembagaan petani melalui koperasi. Tanpa adanya intervensi kebijakan atau mekanisme perlindungan harga, fluktuasi pasar global akan terus menjadi ancaman

eksistensial bagi keberlangsungan produksi kopi di tingkat hulu (Arifin, 2022). Oleh karena itu, de-komoditisasi kopi melalui peningkatan kualitas menjadi strategi krusial untuk melepaskan diri dari jerat harga pasar yang tidak menentu.

2. Perubahan Iklim: Ancaman terhadap Lahan Arabika

Perubahan iklim merupakan ancaman biofisik paling nyata yang dihadapi oleh industri kopi saat ini. Pemanasan global diprediksi akan mengurangi luas lahan yang cocok untuk budidaya kopi Arabika hingga 50% pada tahun 2050 akibat kenaikan suhu ekstrem dan perubahan pola curah hujan (Bager et al., 2022a). Fenomena ini memaksa petani untuk menggeser lahan tanam ke dataran yang lebih tinggi, yang sering kali berbenturan dengan kawasan konservasi hutan dan aturan antideforestasi internasional.

Selain penyusutan lahan, kenaikan suhu global memicu peningkatan serangan hama dan penyakit tanaman yang sebelumnya tidak ditemukan di wilayah dataran tinggi. Salah satu ancaman utama adalah jamur karat daun (*Hemileia vastatrix*) dan penggerek buah kopi yang kini lebih aktif akibat kelembapan dan suhu yang tidak stabil (Samoggia & Riedel, 2019). Kondisi ini tidak hanya menurunkan kuantitas panen, tetapi juga merusak kualitas sensorik biji kopi yang menjadi nilai tawar utama di pasar internasional.

Mitigasi terhadap krisis iklim memerlukan biaya adaptasi yang tinggi, mulai dari penanaman pohon pelindung (*shade*-grown *coffee*) hingga pengembangan varietas yang tahan kekeringan. Namun, bagi sebagian besar petani kecil, keterbatasan modal menjadi hambatan utama dalam mengimplementasikan praktik pertanian

cerdas iklim (Schoenengard, 2023). Jika tidak segera ditangani melalui kolaborasi global, perubahan iklim berpotensi menciptakan kelangkaan pasokan kopi dunia dalam beberapa dekade mendatang.

3. Krisis Regenerasi Petani: Ancaman Kehilangan Tenaga Kerja

Sektor pertanian kopi saat ini menghadapi tantangan sosiologis serius berupa krisis regenerasi. Usia rata-rata petani kopi di negara-negara produsen utama, termasuk Indonesia, kini telah melampaui 50 tahun, sementara minat generasi muda untuk terjun ke sektor ini terus menurun (Arifin, 2022). Kurangnya daya tarik finansial dan persepsi bahwa bertani adalah pekerjaan yang berat serta tidak prestisius mendorong kaum muda pedesaan untuk melakukan migrasi ke sektor industri di perkotaan.

Ketimpangan antara risiko yang dihadapi petani dengan keuntungan yang didapat menjadi alasan utama di balik enggannya generasi muda melanjutkan usaha tani keluarga. Tanpa adanya jaminan kepastian pendapatan yang kompetitif dibandingkan pekerjaan di sektor jasa atau manufaktur, profesi petani kopi dianggap tidak menjanjikan masa depan yang stabil (Anwar, 2024). Hal ini menciptakan kekosongan tenaga kerja ahli di tingkat hulu yang dapat mengancam keberlanjutan tradisi budidaya kopi di masa depan. Tanpa intervensi untuk menciptakan ekosistem pertanian yang menguntungkan bagi anak muda, industri kopi global berisiko kehilangan basis produksinya secara perlahan.

4. Masalah Logistik dan Distribusi: Hambatan Transportasi Global

Meskipun kopi diproduksi di wilayah tropis, konsumsi utamanya terkonsentrasi di belahan bumi utara, sehingga ketergantungan pada logistik internasional sangat tinggi. Gangguan pada rantai pasok global, seperti kemacetan pelabuhan utama dan kelangkaan kontainer, sering kali menyebabkan keterlambatan pengiriman yang berujung pada penurunan kualitas biji kopi (Samoggia et al., 2018). Kopi adalah komoditas sensitif yang kualitasnya dapat terdegradasi jika terpapar kelembapan berlebih dalam waktu lama selama perjalanan laut.

Kenaikan biaya kargo internasional juga menjadi beban tambahan yang signifikan bagi para eksportir dan importir. Fluktuasi harga bahan bakar dan ketidakstabilan geopolitik di jalur maritim utama sering kali memicu lonjakan biaya distribusi yang harus ditanggung oleh konsumen akhir atau, dalam skenario terburuk, memotong margin keuntungan petani (BKPerdag, 2025). Kondisi ini menciptakan hambatan efisiensi yang merugikan daya saing kopi dari negara-negara dengan infrastruktur logistik yang belum optimal.

Digitalisasi dokumen pengapalan dan otomatisasi sistem pelabuhan menjadi langkah mendesak untuk memitigasi hambatan distribusi ini. Namun, koordinasi antarnegara dalam menyelaraskan regulasi kepabeanan dan standar logistik tetap menjadi tantangan yang kompleks (Bager et al., 2022a). Di tengah ketidakpastian global, ketahanan rantai distribusi menjadi faktor penentu apakah sebuah negara produsen mampu menjaga

kepercayaan pembeli internasional atau justru kehilangan pasar karena masalah ketepatan waktu.

D. Peluang dan Prospek Masa Depan

Meskipun industri kopi global dikepung oleh tantangan struktural yang kompleks, cakrawala masa depan sektor ini tetap menawarkan peluang yang luar biasa luas. Krisis yang muncul justru menjadi katalisator bagi lahirnya inovasi dan redefinisi cara dunia memproduksi serta mengonsumsi kopi. Adaptabilitas pasar saat ini menunjukkan bahwa kopi bukan lagi sekadar minuman komoditas, melainkan telah bertransformasi menjadi pilar ekonomi kreatif dan instrumen pembangunan berkelanjutan yang mampu menyesuaikan diri dengan dinamika zaman.

Peluang masa depan tidak lagi terbatas pada peningkatan produktivitas lahan, melainkan bergeser ke arah pemanfaatan nilai-nilai baru yang lebih cerdas dan berkeadilan.

1. Pasar Baru di Asia: Pertumbuhan konsumsi kopi yang masif di Tiongkok dan Asia Tenggara.

Pertumbuhan ekonomi pesat di Asia, terutama Tiongkok dan Asia Tenggara, menggeser pusat konsumsi kopi dunia dari Barat ke Timur. Di Tiongkok, budaya teh ribuan tahun bercampur dengan ledakan kedai kopi modern akibat urbanisasi dan kelas menengah baru (Samoggia et al., 2018), membuka peluang ekspor besar bagi produsen ke pasar dekat dengan pertumbuhan dua digit.

Di Asia Tenggara, Indonesia, Vietnam, dan Thailand berubah dari produsen menjadi konsumen utama, didorong coffee shop lokal yang mempromosikan "nasionalisme

kopi" nusantara (Arifin, 2022). Ini jadi bantalan ekonomi saat pasar Eropa-AS jenuh atau terhambat regulasi.

Integrasi ASEAN memperlancar perdagangan kopi regional. Ke depan, Asia akan dominasi permintaan global, khususnya produk premium siap saji yang sesuai selera lokal seperti kopi susu berinovasi rasa (Organization, 2024). Produsen adaptif akan unggul kompetitif.

2. Hilirisasi dan Nilai Tambah: Menuju Ekspor Produk Olahan

Selama berdekade-dekade, negara produsen kopi terjebak dalam paradigma eksportir bahan mentah (*green beans*) yang memiliki margin keuntungan rendah dan rentan terhadap fluktuasi harga global. Strategi hilirisasi kini menjadi agenda krusial untuk mengubah struktur perdagangan kopi agar negara produsen dapat menikmati nilai tambah yang lebih besar melalui ekspor produk olahan seperti roasted beans, kopi bubuk, maupun ekstrak kopi (Arifin, 2022). Dengan melakukan proses penyangraian dan pengemasan di dalam negeri, negara produsen tidak hanya meningkatkan pendapatan devisa, tetapi juga menciptakan lapangan kerja baru di sektor industri kreatif dan manufaktur.

Transisi dari komoditas ke produk merek (*branded products*) memerlukan investasi besar dalam teknologi pengolahan dan standarisasi kualitas yang ketat. Keberhasilan hilirisasi sangat bergantung pada kemampuan negara produsen untuk membangun citra merek yang kuat di pasar internasional, sehingga mampu bersaing dengan perusahaan pemanggang raksasa dari negara maju (Ponte, 2019b). Dukungan pemerintah melalui kebijakan insentif fiskal dan kemudahan ekspor produk

olahan menjadi kunci utama agar pelaku usaha lokal dapat menembus rantai pasok global dengan produk akhir yang siap konsumsi.

Lebih jauh lagi, hilirisasi memungkinkan terciptanya keterhubungan yang lebih erat antara sektor hulu dan hilir di dalam negeri. Prospek masa depan industri kopi global akan sangat ditentukan oleh sejauh mana negara-negara produsen mampu menggeser posisi mereka dari sekadar penyedia bahan baku menjadi pemain industri olahan yang diperhitungkan di kancah internasional.

3. Ekonomi Sirkular: Mengubah Limbah Menjadi Emas Hitam

Paradigma ekonomi sirkular menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan profitabilitas industri kopi sekaligus menekan dampak lingkungan melalui pemanfaatan limbah produksi. Selama proses pengolahan, kulit ceri kopi (*cascara*) dan ampas kopi sering kali dianggap sebagai limbah tak bernilai yang mencemari lingkungan, padahal keduanya mengandung senyawa bioaktif tinggi (Schoenengard, 2023). Pemanfaatan cascara menjadi minuman teh herbal atau bahan baku produk kecantikan kini mulai mendapatkan momentum di pasar global sebagai produk bernilai ekonomi tinggi.

Selain kulit ceri, ampas kopi sisa konsumsi di tingkat ritel juga memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk energi terbarukan seperti briket, bahan bangunan, hingga serat tekstil ramah lingkungan. Inovasi ini tidak hanya mengurangi beban tempat pembuangan akhir, tetapi juga menciptakan aliran pendapatan baru (*new revenue streams*) bagi para pelaku industri kopi yang menerapkan prinsip keberlanjutan (Bager et al., 2022b). Konsumen

modern, terutama Generasi Z, cenderung memberikan apresiasi lebih pada merek yang menerapkan prinsip zero waste dalam operasionalnya.

Integrasi ekonomi sirkular dalam rantai pasok kopi global diprediksi akan menjadi standar industri di masa depan seiring dengan pengetatan regulasi lingkungan. Oleh karena itu, riset dan pengembangan di bidang bioteknologi untuk ekstraksi nilai dari limbah kopi menjadi investasi strategis yang akan mendefinisikan efisiensi industri kopi masa depan.

E. Penutup

Masa depan industri kopi global tidak dapat lagi disandarkan pada upaya parsial salah satu pihak; ia memerlukan simfoni kolaborasi yang erat antara pemerintah, sektor swasta, dan konsumen. Pemerintah memegang peran krusial sebagai arsitek regulasi yang harus mampu menciptakan iklim investasi yang kondusif bagi hilirisasi, sekaligus memberikan perlindungan hukum bagi lahan petani dari ancaman deforestasi dan perubahan iklim (Arifin, 2022). Tanpa intervensi kebijakan yang memihak pada keberlanjutan hulu, struktur perdagangan kopi akan tetap rentan terhadap guncangan eksternal dan eksploitasi pasar.

Di sisi lain, sektor swasta mulai dari eksportir hingga pemilik kedai kopi harus bertransformasi dari sekadar pencari profit menjadi mitra strategis petani melalui investasi pada teknologi rantai pasok dan adopsi model *Direct Trade*. Sektor swasta juga menjadi jembatan inovasi dalam mengimplementasikan ekonomi sirkular yang mampu mengubah limbah industri menjadi peluang

pendapatan baru, sekaligus mengurangi jejak karbon industri secara keseluruhan.

Namun, penggerak utama dari seluruh transformasi ini adalah konsumen. Ketika konsumen mulai memandang kopi bukan hanya sebagai minuman, melainkan sebagai pilihan etis, maka terciptalah siklus permintaan yang memaksa industri untuk tetap transparan. Pada akhirnya, sinergi antara regulasi pemerintah yang kuat, inovasi sektor swasta yang inklusif, dan kesadaran konsumen yang kritis akan membentuk fondasi industri kopi yang tidak hanya kuat secara ekonomi, tetapi juga bermartabat secara sosial dan lestari secara lingkungan (Schoenengard, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

Agriculture, U. S. D. of. (2023). *Coffee: World Markets and Trade*. USDA Foreign Agricultural Service.

A'la, R. (2024). Consumer preference determinants of Arabica coffee based on sensory attributes. *Journal of Coffee Research*, *12*(1), 45–60.

Anwar, M. (2024). Youth participation and regeneration crisis in coffee farming. *Agricultural Development Review*, *18*(2), 101–118.

Arifin, B. (2022). *Ekonomi politik komoditas kopi dan transformasi tata kelola global*. Penerbit Agro Ekonomi.

Association, V. C. and C. (2022). *Vietnam Coffee Annual Report 2022*. VICOFA.

Bager, S., Persson, U. M., & dos Reis, T. N. P. (2022a). Reducing deforestation through EU regulation: Impacts on agricultural supply chains. *Global Environmental Change*, *74*, 102512.

Bager, S., Persson, U. M., & dos Reis, T. N. P. (2022b). Reducing deforestation through EU regulation: Impacts on agricultural supply chains. *Global Environmental Change*, *74*, 102512.

BKPerdag. (2025). *Laporan kinerja perdagangan komoditas kopi Indonesia*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.

CONAB. (2023). *Acompanhamento da safra Brazileira de café 2023*. CONAB.

Dietz, T., Grabs, J., & Ponte, S. (2022). Mainstreamed voluntary sustainability standards and their

governance impacts. *Regulation and Governance*, *16*(2), 345–362.

Enveritas. (2021). *Global Coffee Smallholder Report*. Enveritas.

Galarraga, I., & Markandya, A. (2004). Economic techniques to estimate the demand for sustainable coffee. *Ecological Economics*, *50*(1), 87–99.

Grabs, J., & Ponte, S. (2022). Private sustainability governance in global value chains. *World Development*, *150*, 105736.

Meemken, E. M., & Bellemare, M. F. (2021). Smallholder farmers and certification: Evidence from global agriculture. *Food Policy*, *101*, 102035.

Neilson, J. (2021). The economic geography of Indonesian coffee production. *Singapore Journal of Tropical Geography*, *42*(1), 1–18.

Organization, I. C. (2023a). *Coffee Development Report 2023*. ICO.

Organization, I. C. (2023b). *Coffee Development Report 2023*. ICO.

Organization, I. C. (2024). *World Coffee Statistics 2024*. ICO.

Perkebunan, D. J. (2023). *Statistik Perkebunan Indonesia: Kopi 2022-2024*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Petrillo, A., De Felice, F., & Cioffi, R. (2025). Blockchain adoption in agri-food supply chains: Transparency and traceability. *Technological Forecasting and Social Change*, *196*, 122789.

Ponte, S. (2019a). *Business, power and sustainability in a world of global value chains*. Zed Books.

Ponte, S. (2019b). *Business, power and sustainability in a world of global value chains*. Zed Books.

Prastowo, D., & Arifin, B. (2021). Coffee shop industry growth and youth employment in Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kreatif*, *5*(2), 75–90.

Samoggia, A., & Riedel, B. (2019). Coffee consumption and sustainability trends. *British Food Journal*, *121*(11), 2575–2589.

Samoggia, A., Ruggeri, A., & Gallanti, M. (2018). Emerging trends in coffee markets. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *16*(4), 423–437.

Schoenengard, M. (2023). Climate adaptation strategies in global coffee production. *Agricultural Systems*, *210*, 103657.

Statistik, B. P. (2023). *Statistik Kopi Indonesia 2023*. BPS.

BAB 13
SUSTAINABILITY DAN MASA DEPAN KOMODITAS KOPI: ADAPTASI, TEKNOLOGI, DAN KEBIJAKAN

Oleh Muhammad Yusuf, S.P., M.P.

A. Konsep Keberlanjutan dalam Sistem Produksi Kopi

Komoditas kopi, selain sebagai tanaman agronomi bernilai ekonomi tinggi, kini berada pada persimpangan tantangan lingkungan, sosial, dan teknologi. Produksi kopi global sangat rentan terhadap tekanan perubahan iklim yang berdampak pada kualitas, kuantitas, dan stabilitas produksi, terutama untuk varietas *Coffea arabica* yang sensitif terhadap suhu dan curah hujan. Ramadhillah & Masjud (2024) dalam *Climate change impacts on coffee production in Indonesia: A review* menyatakan bahwa perubahan variabel iklim seperti suhu ekstrem dan pola curah hujan yang tidak menentu telah mengubah kesesuaian lahan, memicu penurunan produktivitas, serta mengintensifkan serangan hama dan penyakit kopi, yang ujungnya mengancam keberlanjutan produksi kopi di Indonesia.

Definisi keberlanjutan dalam sistem produksi kopi harus dilihat sebagai integrasi antara aspek ekologis, ekonomi, dan sosial. Dalam *Sustainable coffee: A review of*

the diverse initiatives and governance dimensions of global coffee supply chains, peneliti menyoroti bahwa upaya keberlanjutan di rantai pasok kopi tidak hanya terkait dengan praktik budidaya yang ramah lingkungan, tetapi juga pada tata kelola lokal yang mampu memberdayakan komunitas petani dalam menghadapi risiko dan peluang terkait perubahan lingkungan dan pasar. Penekanan pada partisipasi lokal dan pemberdayaan institusi menjadi kunci dalam meningkatkan hasil jangka panjang sekaligus mitigasi dampak negatif terhadap lingkungan.

Adaptasi produksi kopi terhadap tekanan eksternal sudah menjadi fakta lapangan. Abdullah, Maryana, & Kalsum (2024) dalam *Dinamika Perubahan Iklim dan Keberlanjutan Produksi Kopi: Analisis Spasial Stok Karbon* menunjukkan bahwa pemeliharaan karbon organik tanah dan struktur kebun yang beragam berkorelasi dengan produktivitas yang lebih stabil, sekaligus menjadi modal penting dalam menghadapi perubahan iklim. Praktik adaptif seperti pengelolaan multistrata dan penggunaan varietas yang tahan terhadap cekaman abiotik merupakan contoh integrasi pengetahuan ilmiah dengan praktik agronomi lokal.

Selain adaptasi agronomis, inovasi teknologi dan kebijakan memainkan peran strategis dalam arah masa depan kopi sebagai komoditas berkelanjutan. Implementasi sistem digital untuk meningkatkan ketertelusuran rantai pasok dan adopsi teknologi presisi membantu menutup gap informasi dan mengoptimalkan efisiensi produksi. Teknologi ini, ketika disandingkan dengan kebijakan sertifikasi keberlanjutan dan dukungan kelembagaan, tidak hanya mendorong praktik ramah lingkungan, tetapi juga membuka akses pasar premium bagi petani. Perpaduan

antara adaptasi, teknologi, dan kebijakan ini merupakan esensi dari agenda *sustainability* kopi masa depan yang akan dibahas lebih jauh di bab ini.

B. Adaptasi Budidaya Kopi terhadap Perubahan Iklim dan Degradasi Lahan

Perubahan iklim telah menggeser batas ekologis optimal tanaman kopi, khususnya *Coffea arabica* yang sensitif terhadap kenaikan suhu dan fluktuasi curah hujan. Peningkatan suhu rata-rata sebesar 1–2°C saja dapat mempercepat fase pemasakan buah, menurunkan densitas biji, serta mengurangi kualitas cita rasa (Pratama & Lestari, 2021). Dalam kajian berjudul *Climate Variability and Its Impact on Arabica Coffee Productivity*, disebutkan bahwa perubahan pola hujan yang tidak menentu menyebabkan gangguan pembungaan serempak (*flowering asynchrony*) yang berdampak pada ketidakteraturan panen dan penurunan produktivitas kebun. Kondisi ini menuntut penyesuaian kalender budidaya, terutama dalam manajemen pemangkasan, pemupukan, dan pengendalian hama penyakit. Tanpa strategi adaptif, budidaya kopi akan menghadapi ketidakpastian produksi yang semakin tinggi, sehingga mengancam stabilitas ekonomi petani dalam jangka panjang.

Selain tekanan iklim, degradasi lahan menjadi tantangan serius dalam keberlanjutan budidaya kopi. Penurunan kandungan bahan organik tanah, erosi lapisan topsoil, serta menurunnya Kapasitas Tukar Kation (KTK) berdampak langsung pada efisiensi serapan hara oleh tanaman. Menurut Handoko, Wibisono, dan Rahayu (2020) dalam jurnal *Soil Degradation and Nutrient Dynamics in*

Tropical Coffee Systems, degradasi lahan di kebun kopi monokultur intensif berkorelasi dengan penurunan produktivitas hingga 25% dalam kurun waktu satu dekade. Oleh karena itu, praktik konservasi tanah seperti penggunaan mulsa organik, penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*), serta pengembalian biomassa ke dalam sistem kebun menjadi pendekatan penting dalam memulihkan kesuburan tanah secara alami. Adaptasi tidak lagi bersifat reaktif, tetapi harus bersifat restoratif dan sistemik.

Pendekatan agroforestri menjadi salah satu strategi adaptasi yang paling banyak direkomendasikan dalam literatur ilmiah. Sistem kopi berbasis naungan mampu menurunkan suhu mikro, menjaga kelembapan tanah, serta meningkatkan kandungan karbon organik tanah. Suryadinata dan Kurniasih (2022) dalam *Agroforestry-Based Adaptation Strategies for Climate-Resilient Coffee Farming* menjelaskan bahwa kebun kopi multistrata memiliki stabilitas produksi yang lebih tinggi dibandingkan sistem terbuka tanpa naungan. Selain itu, keberadaan pohon penaung meningkatkan keanekaragaman hayati, termasuk musuh alami hama, sehingga menekan intensitas serangan organisme pengganggu tanaman secara ekologis. Integrasi aspek ekologis ini memperlihatkan bahwa adaptasi terhadap perubahan iklim tidak hanya bertujuan menjaga hasil panen, tetapi juga memperkuat ketahanan agroekosistem secara menyeluruh.

Di sisi lain, inovasi berbasis pendekatan *Climate-Smart Agriculture* (CSA) turut memperkuat strategi adaptasi budidaya kopi. CSA menekankan efisiensi penggunaan air, pemupukan berbasis analisis tanah, serta pemilihan varietas toleran cekaman suhu dan kekeringan.

Wijaya dan Marpaung (2023) dalam *Climate-Smart Coffee Cultivation under Tropical Environmental Stress* menegaskan bahwa kombinasi varietas adaptif dan manajemen nutrisi presisi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 18% serta mempertahankan produktivitas pada kondisi cekaman moderat. Dengan demikian, adaptasi budidaya kopi harus dipahami sebagai integrasi antara perbaikan ekologi lahan, penyesuaian teknik budidaya, serta adopsi inovasi ilmiah. Strategi ini menjadi fondasi penting dalam menjaga kopi sebagai komoditas strategis yang berdaya saing di tengah dinamika lingkungan global.

C. Inovasi Teknologi untuk Efisiensi dan Keberlanjutan

Perkembangan teknologi pertanian modern telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem produksi kopi. Digitalisasi sektor perkebunan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat, terutama dalam pengelolaan nutrisi, air, dan kesehatan tanaman. Menurut Santoso dan Prabowo (2021) dalam jurnal *Digital Transformation in Tropical Coffee Farming Systems*, penerapan sistem monitoring berbasis sensor tanah dan iklim mampu mengurangi pemborosan input hingga 20% melalui pemupukan dan irigasi yang lebih presisi. Teknologi ini membantu petani mengoptimalkan penggunaan sumber daya sekaligus menekan dampak lingkungan akibat penggunaan pupuk dan air yang berlebihan. Dengan demikian, inovasi digital tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga memperbaiki efisiensi ekologis kebun kopi.

Implementasi konsep *precision agriculture* pada budidaya kopi semakin relevan dalam menghadapi ketidakpastian iklim. Penggunaan sensor kelembapan tanah, drone pemantau kesehatan tanaman, serta pemetaan berbasis citra satelit memungkinkan identifikasi dini terhadap stres tanaman maupun serangan hama dan penyakit. Hidayat, Kurniawan, dan Laksmi (2022) dalam *Precision Agriculture Applications for Sustainable Coffee Production* menjelaskan bahwa pemantauan berbasis drone mampu mendeteksi gejala defisiensi hara lebih cepat dibandingkan observasi manual, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum kerusakan meluas. Teknologi ini berkontribusi pada pengurangan kehilangan hasil sekaligus meminimalkan penggunaan pestisida secara tidak perlu, mendukung prinsip produksi kopi yang ramah lingkungan.

Di sektor pascapanen, inovasi teknologi berperan penting dalam meningkatkan mutu sekaligus mengurangi limbah. Proses fermentasi terkontrol, mesin pulping hemat air, serta sistem pengeringan berbasis energi surya menjadi bagian dari modernisasi industri kopi. Nugraha dan Siregar (2020) dalam *Postharvest Innovation and Environmental Efficiency in Coffee Processing* menyatakan bahwa penggunaan mesin pulping modern mampu menghemat konsumsi air hingga 35% dibandingkan metode tradisional. Selain itu, pengolahan limbah pulp kopi menjadi kompos atau biochar memberikan nilai tambah sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan. Transformasi pascapanen ini menunjukkan bahwa efisiensi industri kopi tidak hanya diukur dari kapasitas produksi, tetapi juga dari jejak lingkungan yang dihasilkan.

Pada tahap hilir, teknologi *roasting* dan pengendalian mutu berbasis sensor termal dan perangkat lunak analisis

profil sangrai turut meningkatkan konsistensi kualitas produk. Sistem otomatisasi *roasting* memungkinkan pengaturan suhu dan waktu secara presisi, sehingga menghasilkan profil rasa yang stabil dan sesuai standar pasar global. Menurut Ardiansyah dan Putri (2023) dalam *Technological Advancements in Coffee Roasting and Quality Control*, penggunaan sistem kontrol digital mampu menekan variasi mutu antar-batch hingga 15%, yang berdampak langsung pada peningkatan daya saing produk kopi specialty. Inovasi ini memperlihatkan bahwa keberlanjutan tidak hanya berbicara tentang lingkungan, tetapi juga tentang konsistensi kualitas dan efisiensi proses industri.

Selain inovasi teknis, penguatan sistem ketertelusuran (*traceability*) melalui teknologi blockchain dan platform digital menjadi aspek strategis dalam rantai pasok kopi. Transparansi asal-usul produk semakin menjadi tuntutan pasar global, terutama pada segmen specialty dan berkelanjutan. Wijanarko dan Halim (2022) dalam *Blockchain-Based Traceability in Sustainable Coffee Supply Chains* menegaskan bahwa sistem blockchain meningkatkan kepercayaan konsumen dan mempermudah verifikasi praktik budidaya berkelanjutan di tingkat petani. Teknologi ini memungkinkan integrasi data dari hulu ke hilir, memperkuat tata kelola rantai pasok, serta membuka akses pasar premium yang mensyaratkan standar keberlanjutan tinggi.

Secara keseluruhan, inovasi teknologi dalam sektor kopi harus dipahami sebagai instrumen transformasi struktural menuju sistem produksi dan industri yang efisien serta berkelanjutan. Integrasi antara teknologi budidaya presisi, modernisasi pascapanen, otomatisasi

industri, dan digitalisasi rantai pasok membentuk ekosistem kopi yang adaptif terhadap perubahan global. Seperti dikemukakan oleh Rahman dan Utami (2024) dalam *Technological Innovation as a Driver of Sustainable Coffee Industry Transformation*, keberhasilan inovasi tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, tetapi juga pada kapasitas sumber daya manusia dan dukungan kebijakan yang mendorong adopsi di tingkat petani. Oleh karena itu, inovasi teknologi harus diiringi dengan pendekatan partisipatif agar transformasi menuju keberlanjutan dapat berlangsung secara inklusif dan berjangka panjang.

D. Kebijakan, Regulasi, dan Standar Keberlanjutan

Keberlanjutan komoditas kopi tidak dapat dilepaskan dari kerangka kebijakan dan regulasi yang mengatur produksi, distribusi, serta perdagangan internasionalnya. Sebagai komoditas strategis, kopi berada dalam sistem tata kelola yang melibatkan pemerintah, pelaku industri, lembaga sertifikasi, serta organisasi petani. Menurut Darmawan dan Hapsari (2021) dalam *Governance Frameworks for Sustainable Coffee Development in Emerging Economies*, keberhasilan transformasi menuju kopi berkelanjutan sangat ditentukan oleh konsistensi kebijakan nasional dalam mendukung praktik ramah lingkungan di tingkat petani. Regulasi yang tidak sinkron antara kebijakan produksi dan kebijakan perdagangan berpotensi menciptakan disinsentif bagi petani untuk mengadopsi praktik berkelanjutan. Oleh karena itu, harmonisasi kebijakan lintas sektor menjadi fondasi utama dalam menjaga daya saing kopi di pasar global.

Dalam konteks nasional, regulasi terkait standar mutu dan ekspor berperan penting dalam menjamin kualitas sekaligus reputasi kopi Indonesia. Standar nasional dan sistem sertifikasi mutu menjadi instrumen pengendalian kualitas yang sekaligus mendorong praktik budidaya sesuai prinsip keberlanjutan. Pramudito dan Laksana (2020) dalam *Quality Standards and Sustainability Compliance in Indonesian Coffee Trade* menjelaskan bahwa penerapan standar mutu berbasis praktik budidaya baik (Good Agricultural Practices) berkorelasi dengan peningkatan akses pasar premium. Standar tersebut tidak hanya berfungsi sebagai filter kualitas, tetapi juga sebagai alat untuk memastikan bahwa proses produksi memenuhi aspek lingkungan dan sosial yang dipersyaratkan oleh pasar internasional.

Di tingkat global, sertifikasi keberlanjutan seperti organik, Fair Trade, dan Rainforest Alliance menjadi bagian penting dari sistem tata kelola kopi modern. Sertifikasi ini menuntut transparansi produksi, perlindungan lingkungan, serta kesejahteraan tenaga kerja. Menurut Wijaksana dan Hermawati (2022) dalam *Global Sustainability Certifications and Their Impact on Coffee Smallholders*, partisipasi petani dalam skema sertifikasi mampu meningkatkan harga jual rata-rata sebesar 10–20%, meskipun memerlukan biaya kepatuhan awal yang tidak kecil. Dengan demikian, kebijakan pemerintah dalam bentuk subsidi sertifikasi atau pendampingan teknis menjadi faktor krusial agar petani kecil tidak tertinggal dalam persaingan pasar berkelanjutan.

Aspek kelembagaan petani juga menjadi bagian dari kebijakan strategis dalam penguatan keberlanjutan. Koperasi dan kelompok tani berfungsi sebagai agregator

produksi, fasilitator sertifikasi, serta jembatan antara petani dan pasar ekspor. Hidayah dan Santika (2023) dalam *Institutional Strengthening and Sustainable Coffee Value Chains* menegaskan bahwa penguatan kelembagaan petani meningkatkan efisiensi rantai pasok dan memperkuat posisi tawar dalam negosiasi harga. Tanpa dukungan kelembagaan yang solid, kebijakan keberlanjutan cenderung sulit diimplementasikan secara merata karena keterbatasan kapasitas individu petani.

Selain itu, kebijakan insentif ekonomi dan pembiayaan hijau semakin relevan dalam mendukung transisi menuju produksi kopi berkelanjutan. Skema kredit berbunga rendah untuk praktik konservasi tanah, subsidi pupuk organik, serta insentif pajak bagi industri yang menerapkan efisiensi energi merupakan contoh intervensi kebijakan yang berdampak langsung pada perubahan perilaku produksi. Siregar dan Maulana (2024) dalam *Green Financing Policies for Sustainable Coffee Agribusiness* menyatakan bahwa akses pembiayaan hijau meningkatkan tingkat adopsi teknologi ramah lingkungan hingga 30% pada perkebunan skala kecil dan menengah. Kebijakan fiskal yang tepat sasaran dapat mempercepat integrasi aspek ekonomi dan lingkungan dalam sistem produksi kopi.

Secara keseluruhan, kebijakan, regulasi, dan standar keberlanjutan membentuk ekosistem tata kelola yang menentukan arah masa depan komoditas kopi. Tanpa dukungan kebijakan yang adaptif dan responsif terhadap dinamika global, inovasi teknologi dan praktik budidaya berkelanjutan akan sulit berkembang secara optimal. Sebagaimana dikemukakan oleh Nugroho dan Pertiwi (2024) dalam *Policy Integration and Long-Term Sustainability of Strategic Agricultural Commodities*,

keberlanjutan kopi sebagai komoditas strategis bergantung pada integrasi kebijakan produksi, industri, dan perdagangan dalam satu kerangka pembangunan berkelanjutan. Dengan pendekatan yang terintegrasi, kopi tidak hanya menjadi sumber devisa, tetapi juga model tata kelola komoditas pertanian yang berorientasi jangka panjang.

E. Strategi Transformasi dan Standar Keberlanjutan Komoditas Kopi

Transformasi berkelanjutan dalam komoditas kopi memerlukan pendekatan sistemik yang mengintegrasikan aspek produksi, industri, pasar, dan tata kelola dalam satu kerangka jangka panjang. Strategi ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan volume produksi, tetapi juga pada penciptaan nilai tambah dan ketahanan sistem agribisnis kopi terhadap dinamika global. Menurut Kurniadi dan Wicaksono (2022) dalam *Strategic Transformation Pathways for Sustainable Coffee Agribusiness*, transformasi sektor kopi harus berbasis pada peningkatan produktivitas yang efisien sumber daya, diversifikasi produk, serta penguatan daya saing di pasar internasional. Pendekatan ini menempatkan keberlanjutan sebagai fondasi daya saing, bukan sekadar pelengkap kebijakan.

Salah satu pilar utama strategi transformasi adalah peningkatan kualitas dan diferensiasi produk melalui pengembangan kopi *specialty* dan indikasi geografis. Pergeseran preferensi konsumen global menuju produk yang memiliki identitas asal dan praktik produksi berkelanjutan membuka peluang nilai tambah yang signifikan. Rahardjo dan Anindita (2021) dalam *Value*

Upgrading Strategies in Specialty Coffee Markets menjelaskan bahwa peningkatan kualitas pascapanen dan sertifikasi asal mampu meningkatkan harga jual hingga dua kali lipat dibandingkan kopi komersial biasa. Strategi ini mendorong petani untuk berorientasi pada mutu dan keberlanjutan, sekaligus memperkuat posisi kopi nasional dalam rantai nilai global.

Transformasi berkelanjutan juga mensyaratkan regenerasi sumber daya manusia dan peningkatan kapasitas petani. Tantangan demografis berupa menurunnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian menjadi isu strategis dalam keberlanjutan kopi. Menurut Lestari dan Firmansyah (2023) dalam *Human Capital Development in Sustainable Coffee Production Systems*, program pelatihan berbasis kewirausahaan dan digitalisasi mampu meningkatkan partisipasi petani muda dalam agribisnis kopi modern. Tanpa penguatan kapasitas SDM, inovasi teknologi dan kebijakan keberlanjutan berisiko tidak terimplementasi secara optimal di tingkat lapangan.

Selain itu, integrasi rantai nilai (*value chain integration*) menjadi strategi penting dalam memperkuat posisi tawar produsen. Model kemitraan antara petani, koperasi, industri pengolahan, dan eksportir memungkinkan distribusi nilai yang lebih adil serta pengurangan ketergantungan pada tengkulak. Hanafiah dan Prasetyo (2022) dalam *Inclusive Value Chain Models for Sustainable Coffee Development* menekankan bahwa integrasi vertikal dan horizontal dalam rantai pasok meningkatkan efisiensi logistik serta stabilitas harga di tingkat petani. Dengan sistem yang lebih terkoordinasi,

risiko fluktuasi pasar dapat ditekan dan keuntungan dapat terdistribusi lebih merata.

Strategi transformasi juga perlu memasukkan dimensi keberlanjutan lingkungan secara terukur melalui pendekatan berbasis indikator kinerja (sustainability performance indicators). Pengukuran jejak karbon, efisiensi air, dan konservasi keanekaragaman hayati menjadi bagian dari evaluasi keberlanjutan yang semakin diperhatikan oleh pasar global. Putra dan Salsabila (2024) dalam *Environmental Performance Metrics in Sustainable Coffee Systems* menyatakan bahwa pengukuran indikator lingkungan yang transparan meningkatkan kredibilitas produk di pasar ekspor serta memperkuat akses ke skema pembiayaan hijau. Dengan demikian, keberlanjutan tidak hanya bersifat normatif, tetapi juga terukur dan dapat diverifikasi.

Pada akhirnya, transformasi berkelanjutan komoditas kopi memerlukan sinergi antara inovasi teknologi, kebijakan adaptif, penguatan kelembagaan, serta orientasi pasar yang berbasis nilai tambah. Sebagaimana dikemukakan oleh Maulana dan Wijayanti (2024) dalam *Long-Term Sustainability Roadmap for Strategic Agricultural Commodities*, strategi jangka panjang harus dirancang dalam bentuk peta jalan (*roadmap*) yang mencakup target produktivitas, standar lingkungan, serta penguatan daya saing industri. Dengan perencanaan yang terintegrasi dan berbasis data, kopi dapat mempertahankan posisinya sebagai komoditas strategis sekaligus menjadi model transformasi pertanian berkelanjutan di era perubahan global.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, R., & Putri, M. A. (2023). Technological advancements in coffee *roasting* and quality control. *Journal of Coffee Industry and Processing Technology, 9*(2), 88–102.

Balitklimat, Y. S., Tania, J., Surmaini, E., Nurmalina, R., & Surjono Hadi, S. (2018). Strategi peningkatan produktivitas kopi serta adaptasi terhadap variabilitas dan perubahan iklim melalui kalender budidaya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jsl/article/view/3331

Darmawan, A., & Hapsari, R. (2021). Governance frameworks for sustainable coffee development in emerging economies. *Journal of Agricultural Policy and Development, 10*(2), 75–91.

Djufry, F., Wulandari, S., & Villano, R. (2022). Climate smart agriculture implementation on coffee smallholders in Indonesia and strategy to accelerate. *Land, 11*(7), 1112. https://doi.org/10.3390/land11071112

Hanafiah, R., & Prasetyo, D. (2022). Inclusive value chain models for sustainable coffee development. *Journal of Agribusiness Systems and Development, 9*(2), 101–118.

Handoko, A., Wibisono, R., & Rahayu, D. (2020). Soil degradation and nutrient dynamics in tropical coffee systems. *Journal of Tropical Agroecosystem Science, 12*(2), 101–115.

Hidayah, N., & Santika, I. (2023). Institutional strengthening and sustainable coffee value chains. *Indonesian Journal of Agribusiness and Rural Development, 8*(1),

40–58.

Hidayat, F., Kurniawan, D., & Laksmi, S. (2022). Precision agriculture applications for sustainable coffee production. *International Journal of Tropical Smart Farming, 6*(1), 33–49.

Kurniadi, M., & Wicaksono, A. (2022). Strategic transformation pathways for sustainable coffee agribusiness. *Indonesian Journal of Plantation Strategy, 7*(1), 25–41.

Lestari, P., & Firmansyah, R. (2023). Human capital development in sustainable coffee production systems. *Journal of Rural Innovation and Development, 6*(3), 66–83.

Maulana, T., & Wijayanti, S. (2024). Long-term sustainability roadmap for strategic agricultural commodities. *Journal of Sustainable Economic Planning, 5*(1), 1–19.

Nugraha, T., & Siregar, P. (2020). Postharvest innovation and environmental efficiency in coffee processing. *Journal of Agroindustrial Sustainability, 11*(3), 145–159.

Nugroho, T., & Pertiwi, L. (2024). Policy integration and long-term sustainability of strategic agricultural commodities. *Journal of Sustainable Economic Governance, 6*(1), 1–17.

Pramudito, E., & Laksana, B. (2020). Quality standards and sustainability compliance in Indonesian coffee trade. *Journal of Plantation Commodity Management, 12*(3), 112–128.

Pratama, Y., & Lestari, N. (2021). Climate variability and its impact on Arabica coffee productivity. *Indonesian Journal of Climate and Plantation Studies, 8*(1), 45–60.

Purnamasari, I. (2025). Tinjauan pustaka: Pendekatan

penginderaan jauh dalam analisis dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kopi. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia, 5*(1), 9–16.

Putra, I., & Salsabila, N. (2024). Environmental performance metrics in sustainable coffee systems. *International Journal of Agroecology and Sustainability, 12*(2), 88–104.

Rahardjo, E., & Anindita, M. (2021). Value upgrading strategies in specialty coffee markets. *Journal of Global Coffee Trade Studies, 4*(2), 54–72.

Rahman, A., & Utami, D. (2024). Technological innovation as a driver of sustainable coffee industry transformation. *Journal of Sustainable Agribusiness Development, 7*(1), 1–18.

Raveloaritiana, E. Z., & Wanger, T. C. (2025). Mitigating climate risks in coffee production through agroforestry: Global evidence from a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Climate*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2025.1699037

Santoso, B., & Prabowo, H. (2021). Digital transformation in tropical coffee farming systems. *Indonesian Journal of Agricultural Technology and Innovation, 5*(2), 67–82.

Siregar, M., & Maulana, F. (2024). Green financing policies for sustainable coffee agribusiness. *Journal of Environmental Agrifinance, 5*(2), 66–83.

Suryadinata, B., & Kurniasih, R. (2022). Agroforestry-based adaptation strategies for climate-resilient coffee farming. *Journal of Sustainable Plantation Management, 5*(3), 77–92.

Wijaksana, D., & Hermawati, S. (2022). Global sustainability certifications and their impact on coffee smallholders. *International Journal of Coffee Trade and Development,*

4(3), 95–110.

Wijanarko, L., & Halim, R. (2022). Blockchain-based traceability in sustainable coffee supply chains. *Journal of Agrifood Digital Systems, 4*(2), 54–70.

Wijaya, H., & Marpaung, T. (2023). Climate-smart coffee cultivation under tropical environmental stress. *International Journal of Coffee Science and Agronomy, 14*(1), 1–14.

BIODATA PENULIS



Ir. Syafaruddin, Ph.D.

Dosen di Politeknik Pembangunan Pertanian Bogor

Penulis lahir di Tanjung Batu (Sumatera Selatan) pada tanggal 27 Agustus 1964, yang merupakan seorang Dosen tetap pada Program Studi Agribisnis Hortikultura di Politeknik Pembangunan Pertanian (Polbangtan) Bogor, Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian (BPPSDMP), Kementerian Pertanian. Penulis sebelumnya berkarir juga sebagai seorang peneliti di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) dan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan (Puslitbangbun) Bogor dengan bidang keahlian Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman (Perkebunan).

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: den_ovan@yahoo.com

BIODATA PENULIS



Dr. Dani, S.P., M.Sc.

Peneliti Pemulia Kopi
Pusat Riset Tanaman Perkebunan ORPP BRIN

Penulis lahir di Garut tanggal 7 Juni 1977. Penulis adalah Peneliti pada Pusat Riset Tanaman Perkebunan ORPP BRIN. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Program Studi Pemuliaan Tanaman di Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dan melanjutkan S3 Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman di Fakultas Pertanian IPB Bogor. Penulis menekuni riset genetika dan pemuliaan tanaman kopi.

---000---

BIODATA PENULIS



Jeefry Andrian, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Benih
Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Penulis lahir di Bireuen tanggal 25 Juni 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Benih Jurusan Budi Daya Tanaman, Politeknik Pertanian Negeri Pertanian Payakumbuh, Sumatera Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agroteknologi dan melanjutkan S2 pada Program Studi Pengendalian Hama Terpadu di Institut Pertanian Bogor.

---000---

BIODATA PENULIS



Retno Muningsih, S.P., M.Sc.

Dosen Budidaya Tanaman Perkebunan
Politeknik LPP Yogyakarta

Penulis lahir di Banyumas tanggal 26 Maret 1979, Penulis menyelesaikan studi S1 di Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan S2 di Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Penulis saat ini aktif mengelola Teaching Factory Politeknik LPP yang memiliki 4 komoditi perkebunan (kopi, kakao, kelapa sawit dan tebu) serta hydroponic sayur dan melon sebagai inkubasi bisnis sekaligus sebagai kebun praktek mahasiswa.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: rmn@polteklpp.ac.id

BIODATA PENULIS



Merlyn Mariana, S.P., M.P.

Staf Pengajar di kementerian Pertanian

Penulis lahir dan besar di Kota Makassar tepatnya di Kabupaten Gowa pada tanggal 30 juni 1980. Pendidikan tinggi dimulai di Kampus Politeknik Pertanian Negeri Pangkep kemudian melanjutkan Pendidikan S1 di Universitas Hasanuddin, Makassar dan S2 di Universitas Padjadjaran, bandung. Penulis merupakan anak ke delapan dari sebelas bersaudara. Penulis bergabung di Politeknik Pembangunan Pertanian Medan di bawah Kementerian Pertanian pada tahun 2010. Beberapa mata kuliah yang diampu yang berhubungan dengan komoditi kopi adalah Pembibitan Tanaman Kopi, Teknologi Benih dan Perbanyakan Tanaman Kopi dan kakao, dan teknologi

Budidaya Tanaman Penyegar (kopi dan kakao) Presisi. Saat ini penulis konsen penelitian komoditi kopi.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: cakrawalahati01@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Sulfiani S.P., M.Si.

Penulis lahir di Desa Kebo Kec. Lilirilau Kab. Soppeng tanggal 18 Juli 1990, Lahir dari Pasangan Ridwan dan Alm Hj Harida. Pernikahanya dengan Herman telah dikarunia putra yang bernama Ahmad Gibran Ramadan dan Ahmad Faris Maulana.

Menyelesaikan pendidikan S1 (2012) dan S2 (2014) di Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Awal karier diterima sebagai dosen tetap di STIP Puangrimaggalatung yang saat ini telah berubah Program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Peternakan dan Perikanan Universitas Puangrimaggalatung.

Mata kuliah yang diajarkan Dasar-dasar perlindungan tanaman, Hama dan penyakit tanaman, Teknologi pestisida

dan aplikasinya. Aktif melaksanakan tridharma perguruan tinggi dan telah dipublikasikan di berbagai jurnal nasional dan internasional.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: Sulfianiridwan@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. Reta, S.T.P., M.Si.

Dr. Reta., S.T.P., M.Si. merupakan salah seorang dosen pada Program Studi Agroindustri, Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil perikanan, Politeknik Pertanian Negeri pangkajene Kepulauan dengan bidang keahlian Teknologi Pertanian (Mekanisasi Pertanian)

Penulis Lahir di Desa Baroko Kabupaten Enrekang pada Tanggal 31 Desember 19973. Pendidikan Sekolah Dasar dan sekolah Menengah Pertama diselesaikan penulis di Desa kelahirannya. Setelah menyelesaikan Pendidikan Sekolah menengah Pertamanya pada Tahun 1989, penulis melanjutkan Pendidikan pada Sekolah Menengah Atas Negeri 374 di Kota Enrekang. Pada tahun 1992 penulis melanjutkan Pendidikan Sarjana Diploma Tiga program studi Mekanisasi Pertanian Universitas Hasanuddin, dan

pada tahun 1995 penulis melanjutkan Pendidikan Sarjana pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas pertanian dan Kehutanan Universitas hasanuddin dan selesai pada tahun 1998. Pada Tahun 2000 Penulis melanjutkan Pendidikan Magister pada program Pengelolaan Lingkungan Hidup Bidang Teknik Lingkungan pada universitas Hasanuddin, dan selesai pada tahun 2002. Pada tahun 2006 penulis diterima sebagai dosen pada Jurusan Budidaya Perkebunan, dan pada tahun 2012 penulis di alihkan ke Prodi Agroindustri Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Pertanian negeri pangkajene kepulauan, sebagai bentuk kesesuaian Kompetensi Bidang Ilmu yang dimiliki penulis. Pada Tahun 2012, penulis melanjutkan Pendidikan program Doktor pada Program Studi Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas hasanuddin, dan tahun 2016 mendapatkan kesempatan melanjutkan riset penelitian di Kagawa University dengan Program SUIJI Kerjasama Unhas dengan Japan. Dan selesai pada tahun 2017.

Saat ini penulis aktif dalam melaksanakan Tridharma Perguruan Tinggi dan juga aktif dalam organisasi seperti SAFE, Perteta, Perhorti dan organisasi NGO yaitu ICWA (International Coffee Women Alliance serta bergabung dalam organisasi Rainforest Alliance.

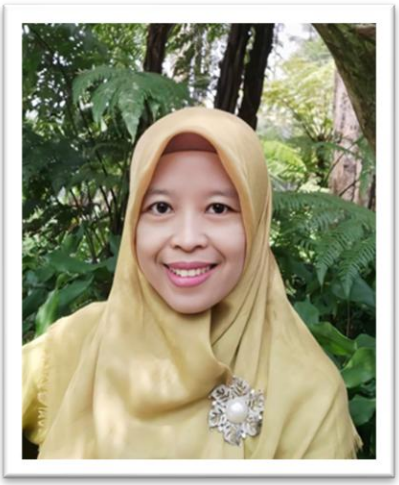
Dr. Reta saat ini aktif dalam Penelitian sambal menjalani seorang dosen juga melakukan beberapa penelitian dari tahun 2008 hingga tahun 2023 ; Penelitian yang diperoleh pernah dari LIPI, Risetekdikti tentang penelitian Kolaborasi dengan Perguruan Tinggi Akademik selama 3 tahun (2019-2021) Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (Pengembangan Teknologi Pengolahan Kopi Melalui Aplikasi Teknologi Ohmic untuk Menghasilkan

Kopi Kualitas Premium) dengan TKT 7, Tahun 2016 Memperoleh Dana Hibah Doktor "Teknologi fermentasi biji kopi berbasis ohmic", Tahun 2019 mendapat dana Penelitian dari Risetekdikti dengan Skema Penelitian Terapan 'Aplikasi Teknik Roasted pada Biji Kopi Arabika Hasil Fermentasi Ohmic Untuk Peningkatan Variasi Cita Rasa dan Aroma Kopi" dan dari BRIN dengan judul Klaster Inovasi Produk Unggulan Kopi Arabika Provinsi Sulawesi Selatan kerjasama dengan Universitas Hasanuddin. Tahun 2020 kembali melakukan penelitian program penguatan Pendidikan Vokasi (P3TV) "Peningkatan Kualitas Pembelajaran Teaching Factory Berbasis Kopi dan Minyak Atsiri Melalui Kemitraan dengan Industri Untuk Penguatan Kompetensi Bidang Pekerjaan Hospitality", dan tahun 2021 dengan skema Riset Terapan dari direktorat APTV dengan judul Rekayasa Alat Mesin Sortasi Biji Kopi Menggunakan Sistem Pengayak Mekanis dan Sabuk Conveyor) dengan TKT 6 dan Tahun 2023 bergabung Bersama Rain forest Alliance kolaborasi GIZ Jerman "Service Contract For Capacity Building On Sustainable Coffee In Central Sulawesi". Publikasi jurnal sudah banyak terbit seperti yang terlampir pada Biodata Reta serta pada:

1. https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-8407-8272
2. Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55865986800
3. Sinta; https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/6118064.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: retariskinapolitani@gmail.com

BIODATA PENULIS



Ir. Febrina Delvitasari, S.T.P., M.Si.

Dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi
Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan
Politeknik Negeri Lampung

Penulis lahir di Yogyakarta tanggal 27 Februari 1987. Penulis adalah staf pengajar di Politeknik Negeri Lampung (Polinela) Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan pada Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan sejak tahun 2014-2022 dan Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi sejak tahun 2023-sekarang. Penulis mengawali pendidikan strata 1 di Universitas Lampung pada tahun 2004 dengan bidang kajian teknologi hasil pertanian lalu melanjutkan pendidikan strata 2 di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2009 dengan bidang kajian teknologi industri pertanian. Penulis mendapatkan

gelar profesi insinyur di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2025. Penulis saat ini menekuni bidang ilmu pengolahan hasil tanaman perkebunan. Buku yang pernah ditulis oleh penulis yaitu buku Panen dan Pascapanen Kopi pada tahun 2023, Prinsip Proses Pengolahan Pangan pada tahun 2024, Pengolahan Minyak Atsiri pada tahun 2024, dan Ilmu Teknologi Pangan pada tahun 2025.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: febrina.delvitasari@polinela.ac.id

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. apt. Siti Muslichah, S.Si., M.Sc.

Dosen Fakultas Farmasi
Universitas Jember

Lahir di Jember, 13 Mei 1973. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Jember sejak tahun 2005. Saat ini penulis menjabat sebagai Kepala Laboratorium Farmakognosi dan Fitokimia Fakultas Farmasi Universitas Jember. Penulis pernah terlibat dalam tim Riset Tumbuhan Obat dan jamu (RISTOJA) Kementerian Kesehatan RI tahun 2015 yang ditugaskan untuk eksplorasi ramuan dan tanaman obat di Madura. Peneliti juga membimbing mahasiswa yang melakukan ekspedisi di etnis Osing Banyuwangi, etnis Madura, etnis Tengger di sekitar Bromo, dan komunitas Pandalungan. Saat ini tergabung dalam beberapa kelompok riset. Buku

yang pernah ditulis adalah Fitoterapi, Rempah dan Herbal di Pekarangan Rumah, dan Etnofarmasi: Pencarian Obat Baru Bersumber dari Kearifan Tradisional dan Metode Systematic Literature Review: Panduan Praktis untuk Mahasiswa, Peneliti, dan Praktisi.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: siti.m3@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. Azis Herdiyanto Riyadi, S.T., M.Si.

Dosen Program Studi Penyuluhan Perkebunan Presisi
Jurusan Perkebunan, Polbangtan Medan

Penulis lahir di Bandung tanggal 14 September 1979. Saat ini penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Penyuluhan Perkebunan Presisi, Jurusan Perkebunan, Polbangtan Medan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Teknik Kimia, ITB dan melanjutkan S2 dan S3 pada Prodi Ilmu Pangan, IPB. Mata kuliah yang diampu khususnya di bidang pasca panen perkebunan, yaitu Penjaminan Mutu Perkebunan, Manajemen Pasca Panen, dan Hilirisasi Produk Perkebunan.

---000---

BIODATA PENULIS



Ir. Maryanti, S.T.P., M.Si.

Dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi
Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan,
Politeknik Negeri Lampung

Penulis lahir di Muara Enim, Sumatera Selatan pada tanggal 29 Maret 1984. Penulis mengawali pendidikan S1 pada tahun 2002 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan melanjutkan S2 pada tahun 2009 di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Lampung. Penulis mengambil Pendidikan Profesi Insinyur pada tahun 2025 di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penulis adalah dosen tetap pada Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Polinela. Tahun 2014 – 2023 penulis aktif menjadi dosen di Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan. Sejak tahun 2023, penulis aktif menjadi dosen

di Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi. Penulis menekuni bidang Teknologi Industri Pertanian terutama pengolahan hasil tanaman perkebunan. Beberapa buku yang pernah ditulis oleh penulis diantaranya Pengolahan Karet Alam, Panen dan Pascapanen Kopi, Prinsip Proses Pengolahan Pangan, Pengolahan Minyak Atsiri dan Ilmu Teknologi Pangan.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: maryanti@polinela.ac.id

---000---

BIODATA PENULIS



Mirdah Aprilia Amir, S.P., M.Sc.

Dosen Program Studi Nutrisi Teknologi Pakan Ternak
Universitas Puangrimaggalatung

Penulis merupakan Dosen Manajemen Agribisnis pada Program Studi Nutrisi, Teknologi Pakan Ternak Universitas Puangrimaggalatung sejak tahun 2024. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Penulis, memiliki minat mendalam untuk mengembangkan praktik manajemen yang inovatif dan berkelanjutan di sektor agribisnis. Buku ini adalah karya perdananya, yang diharapkan dapat memberikan wawasan

baru dan solusi praktis bagi para profesional dan pelaku agribisnis.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: mirdahaprilia@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Muhammad Yusuf, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan

Penulis lahir di Sengkang tanggal 27 Juni 1970. Berhasil meraih gelar sarjana pertanian, jurusan agronomi pada Universitas Hasanuddin tahun 1995. Tahun 1996, melanjutkan studi ke program magister kajian ilmu tanaman Universitas Hasanuddin dan berhasil meraih gelar magister pertanian tahun 1998. Kemudian pada tahun yang sama terangkat sebagai dosen di Jurusan Teknologi Produksi Pertanian Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan hingga sekarang. Berbagai kursus, training, dan seminar pernah diikuti dan beberapa buku telah dihasilkan. sejak tahun 2015 hingga 2025 diberi kepercayaan sebagai asesor kompetensi bidang pertanian oleh BNSP.