

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Klasifikasi *Mucuna bracteata*

Mucuna bracteata menjadi tanaman penutup tanah yang dianjurkan untuk ditanam pada penanaman baru dan penanaman ulang khususnya pada perkebunan kelapa sawit dan karet, maka dalam penelitian ini dapat melihat laju perbedaan yang ditanam yang dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan bibit *Mucuna bracteata*. (Tarigan, dkk 2020).

Menurut Fauzi (2012) *Mucuna bracteata* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*.
Divisi : *Spermatophyta*.
Sub divisi : *Angiospermae*.
Ordo : *Fabales*.
Family : *Fabaceae*.
Genus : *Mucuna*.
Species : *Mucuna bracteata*

Jenis kacang *Mucuna bracteata* memiliki beberapa keunikan dan keunggulan tertentu dibandingkan dengan kacang penutup tanah lainnya yaitu:

1. Pertumbuhan yang subur
2. Mudah dibangun dengan jumlah biji yang rendah
3. Tidak disukai ternak
4. Toleran terhadap cekaman kekeringan
5. Menghasilkan senyawa kimia bersifat alelopati bagi gulma pengganggu
6. Produksi biomasa tinggi
7. Resistensi tinggi terhadap hama dan penyakit dan bukan merupakan inang
8. Kebutuhan tenaga kerja dan kebutuhan bahan kimia untuk membangunnya rendah pengendali erosi tanah yang baik.

Sebagaimana dijelaskan diatas jenis kacang *Mucuna bracteata* memiliki kelebihan atau keunggulan tersendiri dibandingkan penutup tanah lainnya. *Mucuna bracteata* merupakan salah satu tanaman legume cover crop (LCC) yang banyak digunakan di perkebunan kelapa sawit karena memiliki pertumbuhan yang cepat, mampu menutup permukaan tanah secara rapat, serta efektif dalam menekan pertumbuhan gulma. Selain itu, tanaman ini juga berperan dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga dapat memperbaiki kesuburan tanah. Penggunaan *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah juga mampu mengurangi erosi dan menjaga kelembaban tanah (Ramadhan., 2022). Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa *Mucuna bracteata* memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada berbagai kondisi lingkungan. Tanaman ini mampu meningkatkan parameter pertumbuhan seperti panjang sulur, jumlah daun, dan panjang akar, sehingga menunjukkan respon pertumbuhan yang optimal pada berbagai media tanam. Hal ini menunjukkan bahwa *Mucuna bracteata* merupakan tanaman LCC yang memiliki potensi tinggi dalam mendukung pertumbuhan tanaman utama (Handika dkk., 2024).

Penggunaan *Mucuna bracteata* juga terbukti mampu meningkatkan sifat kimia tanah serta mendukung perkembangan sistem perakaran tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan volume dan berat akar, yang berperan dalam meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dari dalam tanah. Dengan demikian, penggunaan LCC dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Sembiring., 2021). Selain itu, tanaman penutup tanah *Mucuna bracteata* juga berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, seperti meningkatkan struktur tanah dan kapasitas menahan air. Perbaikan sifat fisik tanah ini akan mendukung pertumbuhan tanaman karena kondisi tanah menjadi lebih gembur dan mampu menyediakan air unsur hara secara optimal bagi tanaman (Sari dkk., 2021).

Dari sisi kesuburan tanah, *Mucuna bracteata* memiliki kemampuan menghasilkan biomassa yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah, terutama nitrogen. Kandungan unsur hara tersebut berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti pembentukan daun dan batang. Oleh karena itu, tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik dalam sistem budidaya tanaman perkebunan (Noor dkk., 2021).

Penggunaan tanaman LCC seperti *Mucuna bracteata* juga memberikan manfaat dalam pengelolaan lingkungan yang lebih berkelanjutan. Tanaman ini mampu menekan pertumbuhan gulma secara alami sehingga dapat mengurangi penggunaan herbisida, serta meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Dengan demikian, penggunaan LCC menjadi salah satu alternatif yang ramah lingkungan dalam sistem budidaya tanaman perkebunan (Ahmad., 2023).

2.1.2 Morfologi *Mucuna bracteata*

1. Akar

Mucuna bracteata memiliki sistem perakaran tunggang seperti kacang lain, berwarna putih kecoklatan, tersebar di atas permukaan tanah dan dapat mencapai kedalaman 1 m di bawah permukaan tanah. Tanaman ini juga memiliki bintil akar yang menandakan adanya simbiosis mutualisme antara tanaman dengan bakteri *rhizobium* sehingga dapat memfiksasi nitrogen bebas menjadi nitrogen yang tersedia bagi tanaman. Bintil akar ini berwarna merah muda segar dan relatif sangat banyak, berbentuk bulat, dan berukuran diameter antara 0,2 s.d 2,0 cm. Pada nodul dewasa terdapat kandungan *leghaemoglobin* yang mengindikasikan sistem fiksasi N₂ udara oleh bakteri *rhizobium*. Kecepatan tumbuh akar cukup tinggi, sehingga pada umur di atas 3 tahun akar utamanya dapat mencapai panjang 3 m.

2. Batang

Batang *Mucuna bracteata* memiliki diameter 0,4 s.d 1,5 cm berbentuk bulat, berbuku dengan panjang buku 23 s.d 24 cm, tidak berbulu teksturnya cukup lunak, lentur, mengandung banyak serat dan berair. Batang *Mucuna bracteata* berwarna hijau muda sampai hijau kecokelatan. Berbeda dengan kacang lainnya, batang kacang ini apabila dipotong akan mengeluarkan banyak getah berwarna putih dan akan berubah menjadi coklat setelah kering, dan noda getah ini sulit untuk dibersihkan. Batang yang tua akan mengeluarkan bintil-bintil kecil berwarna putih dan ketika bersentuhan dengan tanah akan membentuk akar baru.

3. Daun

Mucuna bracteata memiliki daun majemuk beranak tiga berbentuk bulat telur (*oval*), simetris, belah ketupat, dan ujungnya tumpul. Tulang daun menjari dengan permukaan daun yang halus dan tidak berbulu. Helaian daun tanaman

Mucuna bracteata terdiri dari 1 (satu) tangkai daun dengan 3 (tiga) helai anak daun (*trifoliate*), berwarna hijau, muncul di setiap ruas batang. Ukuran daun dewasa dapat mencapai 15 x 10 cm. Helaian daun akan menutup apabila suhu lingkungan tinggi (*Termonastik*), sehingga sangat efisien dalam mengurangi penguapan dan daun *Mucuna bracteata* ini dapat mengurangi risiko bahaya kebakaran pada saat musim kering.

4. Bunga

Bunga *Mucuna bracteata* berbentuk tandan menyerupai anggur, panjang tangkai bunga dapat mencapai 25 s.d 30 cm dan termasuk ke dalam jenis *Monoceous*. Terdiri dari 15 s.d 20 tangkai bunga dengan 3 (tiga) buah bunga setiap tangkainya. Bunga *Mucuna bracteata* berwarna biru terung dan dapat mengeluarkan bau yang menyengat sehingga dapat menarik perhatian kumbang penyerbuk.

5. Buah dan Biji

Dalam satu rangkaian bunga yang berhasil menjadi polong sebanyak 4 (empat) s.d 15 polong, tergantung dari umur tanaman dan lingkungan setempat termasuk perubahan musim. Polong adalah buah dari tanaman *Mucuna bracteata* berbentuk memanjang dan pipih. Polong-polong ini diselimuti bulu-bulu halus berwarna merah keemasan yang berubah warna menjadi hitam ketika matang. Biji berwarna coklat tua sampai hitam mengkilap, dari mulai munculnya bunga sampai polong siap dipanen dibutuhkan waktu sekitar 50 s.d 60 hari.



Gambar 1 *Mucuna bracteata*
Dokumentasi Pribadi (2025)

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman *Mucuna bracteata*

Mucuna bracteata merupakan tanaman kacang yang cukup toleran terhadap berbagai lokasi tumbuh. Namun, untuk tumbuh secara optimal tanaman ini memerlukan syarat tertentu yang berkaitan dengan faktor iklim dan tanah.

Secara umum, *Mucuna bracteata* dapat tumbuh subur di semua tingkat ketinggian, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Tetapi untuk memasuki fase generatif yang sempurna, *Mucuna bracteata* membutuhkan daerah dengan ketinggian lebih dari 1.000 mdpl, karena jika ditanam di dataran rendah (kurang dari 1.000 mdpl) tanaman akan tumbuh dengan baik namun tidak dapat menghasilkan bunga. Ketinggian tempat juga mempengaruhi unsur-unsur iklim lain seperti temperatur, curah hujan, dan kelembaban (Sebayang dkk, 2015). *Mucuna bracteata* dapat tumbuh di daerah dengan temperatur tinggi maupun rendah. Tetapi tanaman ini menghendaki temperatur harian minimum 12°C dan maksimum 23°C. Apabila temperatur melebihi 18°C, proses pembungaan dapat terhambat atau terhalang, sehingga tanaman di dataran rendah tidak pernah menghasilkan bunga.

Air merupakan unsur penting yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan *Mucuna bracteata*. Agar proses pembentukan polong tidak terganggu sebaiknya *Mucuna bracteata* ditanam di lokasi dengan ketersediaan air yang cukup, dengan curah hujan antara 1.000 hingga 2.500 mm per tahun dan hari hujan selama 3–10 hari per bulan. Selain itu, tanaman ini dapat tumbuh pada semua jenis tanah, baik tanah liat, liat berpasir, lempung, lempung berpasir, maupun tanah pasir. Akan tetapi, pertumbuhan tanaman ini lebih optimal jika ditanam pada tanah yang kaya bahan organik, gembur, mampu menyimpan air, dan tidak tergenang air.

2.2.1 Perbanyakan *Mucuna bracteata* Secara Generatif

Perbanyakan *Mucuna bracteata* secara generatif merupakan metode perbanyakan tanaman yang dilakukan melalui biji (benih) hasil reproduksi generatif. Metode ini melibatkan proses penyerbukan dan pembuahan yang menghasilkan embrio di dalam biji sebagai bakal tanaman baru. Dalam praktik budidaya, perbanyakan generatif pada *M. bracteata* sering dipilih karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar secara serempak serta memiliki sistem perakaran tunggang yang lebih kuat untuk menopang pertumbuhan vegetatifnya yang masif. Kendati demikian, keberhasilan metode ini sangat dipengaruhi oleh kualitas fisik dan fisiologis benih, serta kondisi lingkungan yang optimal selama fase perkecambahan di pembibitan.

2.2.2 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang mengandung unsur hara makro

dan mikro serta berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Dalam perkembangannya, pemanfaatan pupuk organik cair (POC) mulai banyak diminati karena memiliki keunggulan berupa bentuknya yang terlarut, sehingga unsur hara yang terkandung di dalamnya lebih cepat dan mudah diserap oleh tanaman melalui stomata daun maupun akar. Penggunaan POC tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi instan, tetapi juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Manurung dkk. (2022) yang menegaskan bahwa aplikasi pupuk organik secara konsisten dapat mengoptimalkan kondisi rizosfer tanah, yang pada gilirannya akan merangsang aktivitas mikroorganisme fungsional dan mendukung pertumbuhan tanaman secara maksimal.

2.2.3 Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME

Limbah cair pabrik kelapa sawit/POME merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan crude palm oil. Proses pengolahan TBS menjadi minyak kelapa sawit akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar (Raja dkk., 2021).

Menurut Departemen (2009) *dalam* Afrizal (2021). Riau merupakan salah satu daerah penghasil CPO sawit terbesar di Indonesia dan terdapat banyak pabrik pengolahan kelapa sawit. Limbah cair pabrik kelapa sawit merupakan bahan organik yang dapat digunakan sebagai pupuk organik, dimana limbah cair pabrik kelapa sawit dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Limbah cair pabrik kelapa sawit yang diberikan pada medium tanam dapat memperbaiki sifat kimia, biologi dan sifat fisik tanah. Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit yang umum dilakukan adalah pengumpul dengan menggunakan unit pengumpul (fat-pit)/pengendapan awal limbah POME yang kemudian dialirkan ke deoiling ponds (kolam pengutipan minyak) untuk diambil kembali minyaknya serta menurunkan suhunya, kemudian dialirkan ke kolam anaerobik atau aerobik dengan memanfaatkan mikroba sebagai perombak BOD dan menetralkan keasaman limbah. Teknik pengolahan ini dilakukan karena cukup sederhana dan dianggap murah. Namun teknik ini dirasakan tidak efektif karena memerlukan lahan pengolahan limbah yang luas dan selain itu emisi metan yang dihasilkan dari kolam-kolam

tersebut merupakan masalah yang saat ini harus ditangani.

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME selain berpotensi mencemari lingkungan juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik dan unsur hara bagi tanaman apabila dikelola dengan baik. Pemanfaatan ini dapat menjadi salah satu alternatif dalam mengurangi dampak limbah sekaligus meningkatkan kesuburan tanah. Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME diketahui mampu meningkatkan kandungan bahan organik dan ketersediaan unsur hara dalam tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman (Sari dkk., 2021).

Beberapa penelitian telah mengkaji pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian (Manik dkk., 2020). menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan beberapa variasi dosis POME. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman *Mucuna bracteata*, terutama pada parameter berat segar tajuk dan berat kering tajuk, dimana dosis tertinggi menghasilkan biomassa tanaman yang lebih besar tetapi pada parameter lain termasuk berat segar dan kering akar dosis ter tinggi tidak memberikan pengaruh nyata.

Penelitian (Ramadhan dkk.,2021). menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan berbagai dosis POME yang diaplikasikan secara bertahap menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan tanaman pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, serta biomassa tajuk dan akar, yang juga disertai dengan perbaikan sifat kimia tanah seperti peningkatan pH dari kondisi masam menjadi lebih netral. Sementara itu, penelitian (Nababan dkk., 2023). menunjukkan bahwa pertumbuhan *Mucuna bracteata* dipengaruhi oleh kombinasi pupuk dan media tanam, yang terlihat pada parameter berat segar tajuk, berat kering akar, dan panjang akar. Kondisi pH tanah yang mendekati netral serta ketersediaan unsur hara yang cukup menunjukkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Penelitian (Sitompul dkk., 2015). pada bibit kelapa sawit menunjukkan bahwa pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME memberikan pengaruh terhadap rasio tajuk akar, namun tidak menunjukkan pengaruh yang nyata pada beberapa parameter lain seperti jumlah daun dan volume akar. Sementara itu, penelitian (Prawirahadi dkk., 2024). menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik

cair dan pupuk NPK berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang sulur/tajuk *Mucuna bracteata*, yang mencerminkan pertumbuhan vegetatif tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis kandungan LCPKS/POME

Parameters	<i>Raw Effluent</i> (Belum diolah)	<i>Outlet Pound D to Land App</i> (Sudah diolah)
COD	71280	2265
BOD	39204	1246
Total Solid	22703	7140
Suspended Solid	91260	1140
Total Volatile Solid	18590	4700
Volatile Suspended Solid	11620	310
P Alkalinity	0	0
Total Alkalinity	0	3154
VFA	3960	900
Oil & Grease	8989	79
Total-N	487	1445
NH ₃ -N	99	171
pH	4.4	8.0

Sumber : PKS Lonsum Begerpang (2025)

POME mengandung bahan organik yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara bagi tanaman. Akan tetapi, penggunaan POME harus memperhatikan standar lingkungan yang berlaku. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2003, limbah cair industri minyak sawit yang dimanfaatkan pada lahan perkebunan kelapa sawit harus memiliki nilai BOD tidak lebih dari 5.000 mg/L dan pH antara 6–9. Standar tersebut ditetapkan untuk memastikan bahwa aplikasi POME tidak menimbulkan dampak negatif terhadap tanah, air tanah, maupun lingkungan sekitar. Oleh karena itu, kualitas POME yang digunakan dalam penelitian perlu dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan dalam regulasi tersebut (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2003).

2.2.4. Pengolahan Limbah Aplikasi

Pengolahan dan aplikasi Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan proses pengelolaan limbah cair yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit agar memenuhi standar lingkungan sebelum dimanfaatkan. POME diolah melalui beberapa tahapan pengolahan, seperti kolam anaerob dan aerob, dengan tujuan menurunkan

kandungan bahan organik serta nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Setelah melalui proses pengolahan dan dinyatakan aman, POME dapat diaplikasikan ke lahan sebagai sumber bahan organik dan unsur hara. Pemanfaatan POME melalui sistem aplikasi lahan berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

A. Fungsi Kolam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME

1. Mengolah semua limbah cair yang diproduksi oleh pabrik dan mengurangi polusi dari limbah yang dikeluarkan pada tingkat yang telah ditentukan oleh Departemen Lingkungan Hidup.
2. Menghasilkan padatan yang berguna dari hasil pengolahan limbah untuk digunakan sebagai pupuk dilapangan.

B. Kolam Bahan Limbah

1. Memeriksa kolam limbah dari tanda-tanda banyaknya kandungan minyak yang berlebih dan perkirakan jumlah limbah yang dihasilkan untuk menentukan rata-rata pengisian ke kolam limbah anaerobik pada hari berikutnya.
2. Mengutip minyak dari kolam sludge/limbah sebelum pompa limbah dijalankan.
3. Pompakan limbah dari fat pit limbah pabrik sebanyak yang diproduksi.
4. Pompakan sejumlah limbah dari kolam atau fat pit limbah di pabrik ke kolam pendinginan yang telah ditentukan untuk mengisi kolam pendinginan.

C. Kolam Pendinginan

1. Kembali memeriksa kolam limbah dari tanda-tanda banyaknya kandungan minyak yang berlebih.
2. Jika masih ada minyak maka kutip minyak dari kolam fat pit sludge/limbah sebelum pompa limbah dijalankan.
3. Pompakan limbah dari cooling pond sebanyak yang diproduksi.
4. Pompakan sejumlah limbah ke kolam pengasaman yang telah ditentukan untuk mengisi kolam pengasaman.

D. Kolam Acidifikasi

1. Limbah mengalami proses pengasaman di dalam kolam terbuka selama satu hari sebelum dipompakan selanjutnya untuk proses anaerobik. Proses pengasaman ini dengan mencampurkan limbah kelapa sawit dengan limbah anaerobik dari kolam pengendapan anaerobic (untuk pabrik yang tidak mempunyai kolam pengendapan, limbah anaerobik dapat dipompakan dari kolam facultative) dengan perbandingan 1:3.
2. Pada saat dijalankan satu hari selama operasi normal akan ada satu kolam asam yang telah mengalami proses pengasaman untuk mengisi kolam anaerobik. Kolam asam yang lain akan digunakan untuk mencampur limbah dari pabrik dan limbah anaerobik dari kolam pengendapan.
3. Segera setelah limbah anaerobik/ limbah pabrik yang telah bercampur merata, isikan limbah yang mengalami hari sebelumnya ke kolam anaerobik.

E. Kolam Anaerobik

1. Periksa kolam dari tanda-tanda kebocoran atau rembesan. Catat buih yang terbentuk, gelembung, warna dan bau.
2. Satu minggu sekali ukur ketinggian padatan pada kolam. Ketinggian padatan harus dijaga sekitar 20% dari kedalaman operasional kolam anaerobik. Padatan harus dikeluarkan oleh operator limbah pada batas yang ditentukan dari ketinggian padatan atas persetujuan kepala pabrik.
3. Pada saat kolam pengendapan anaerobik kosong, aliran limbah dengan jumlah yang sama melalui overflow kolam anaerobik masuk ke dalam kolam pengendapan. Jumlah yang dikeluarkan harus sama dengan jumlah cairan pengasaman yang diisikan pada hari itu.

F. Kolam Anaerobik Sedimentasi

1. Kolam pengendapan anaerobik akan membantu proses destruksi padatan bio- solid.
2. Ambil contoh pada bagian atas dan bawah pada cairan anaerobik yang telah terbentuk. Catat perbedaan kandungan padatan pada kedua contoh tersebut. Pindahkan anaerobik supernatant dari cairan yang terbentuk ke kolam aerobik (facultative) yang diikuti oleh adatan anaerobik ke kolam asam yang telah ditentukan.

G. Kolam Fakultatif

Pengelolaan limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) membutuhkan tahapan remediasi yang terstruktur agar tidak mencemari lingkungan. Salah satu tahapan krusial dalam sistem pengolahan limbah ini adalah penggunaan kolam fakultatif (*facultative pond*), di mana terjadi proses degradasi bahan organik secara simultan oleh bakteri aerob di lapisan atas dan bakteri anaerob di lapisan dasar kolam. Melalui proses perombakan biologis di kolam fakultatif ini, beban pencemaran organik yang ditandai dengan tingginya nilai BOD dan COD dapat diturunkan secara drastis hingga memenuhi baku mutu kelayakan. Dengan demikian, POME yang telah melewati fase atau berada di kolam fakultatif sudah tidak lagi bersifat fitotoksik, melainkan telah bertransformasi menjadi cairan kaya nutrisi yang siap diutilisasi secara ekologis untuk keperluan budidaya pertanian.

H. Parit parit *Land application*

Palm Oil Mill Effluent yang telah melewati fase pengolahan di kolam fakultatif selanjutnya didistribusikan ke blok perkebunan melalui jaringan parit aplikasi lahan (*land application*). Sistem parit ini dirancang untuk mengalirkan limbah secara merata, sehingga unsur hara yang terkandung di dalamnya dapat dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman sebagai pupuk organik cair.

1. Buka kran main drain.
2. Operator harus menjaga dan memastikan semua limbah dipompakan ke trenches.
3. Pada saat pompa dihentikan, tutup kran main drain.

2.2.5 Teori Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman adalah proses bertambahnya ukuran, volume, dan jumlah sel secara irreversibel yang terjadi sebagai hasil dari aktivitas fisiologis dan metabolik tanaman. Pertumbuhan ini mencerminkan aktivitas meristem yang menghasilkan organ-organ baru melalui pembelahan dan pembesaran sel. Proses ini dikendalikan oleh faktor genetik internal serta dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti ketersediaan air, cahaya, suhu, dan unsur hara (Ningsih *dkk*, 2024). Pertumbuhan tanaman secara umum dibagi menjadi dua fase utama, yaitu

pertumbuhan vegetatif dan generatif. Fase vegetatif merupakan tahap awal pertumbuhan yang ditandai dengan perkembangan organ-organ non-reproduktif seperti akar, batang, dan daun.

Pertumbuhan vegetatif terjadi akibat aktivitas meristem apikal yang terdapat di ujung batang dan akar. Aktivitas ini menghasilkan pertumbuhan primer yang menyebabkan tanaman bertambah tinggi dan akar semakin panjang. Hormon tumbuhan memainkan peran penting dalam fase ini. Auksin merangsang pemanjangan sel dan pembentukan akar lateral, giberelin mempercepat pertumbuhan internodus, dan sitokinin memperkuat pembentukan daun dan tunas. Kombinasi dari faktor internal (hormon, enzim, genetik) dan eksternal (unsur hara, air, cahaya) menentukan keberhasilan pertumbuhan vegetatif (Ningsih *dkk*, 2024).

Pertumbuhan tanaman yang optimal memerlukan unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) sangat penting pada fase vegetatif. Nitrogen mendukung pembentukan klorofil dan protein, sehingga berperan dalam pertumbuhan daun dan batang. Fosfor dibutuhkan dalam pembentukan akar dan metabolisme energi (ATP), sementara Kalium membantu dalam pengaturan tekanan osmotik dan transpor nutrisi. Kekurangan atau ketidakseimbangan unsur hara dapat menghambat pertumbuhan tanaman secara signifikan (Purba *dkk*, 2021).

Untuk menilai keberhasilan pertumbuhan vegetatif tanaman secara menyeluruh, digunakan sejumlah parameter morfologis yang relevan dan representatif terhadap aktivitas fisiologis tanaman. Jumlah daun menunjukkan kapasitas tanaman dalam membentuk organ fotosintetik, yang berkorelasi erat dengan ketersediaan nitrogen dan aktivitas metabolik yang sehat. Berat segar tajuk merepresentasikan akumulasi biomassa bagian atas tanaman seperti daun dan batang, yang mencerminkan efisiensi fotosintesis, serapan air, dan distribusi hasil fotosintetik. Masing-masing parameter mencerminkan komponen pertumbuhan vegetatif utama, yakni perkembangan daun, tajuk, dan akar yang memiliki peran fungsional penting dalam efisiensi metabolisme dan adaptasi lingkungan.

A. Pempupukan *Mucuna bracteata* menggunakan POME:

1. Mengandung bahan organik
2. Menambah kesuburan media tanam

3. Mendukung aktivitas mikroorganisme
4. Mendukung sifat kimia dan biologi media
5. Ramah lingkungan dalam pemanfaatan limbah
6. Biaya relatif murah

B. Pemupukan *Mucuna bracteata* menggunakan NPK :

1. Kandungan hara terukur
2. Unsur hara cepat tersedia
3. Dosis lebih mudah ditentukan
4. Praktis dalam aplikasi
5. Efektivitas tinggi dalam jangka pendek

Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME dan pupuk NPK memiliki kelebihan masing-masing dalam mendukung pertumbuhan vegetatif *Mucuna bracteata*. POME unggul karena mengandung bahan organik yang dapat meningkatkan kesuburan media, mendukung aktivitas mikroorganisme, memperbaiki sifat tanah, serta lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Sementara itu, pupuk NPK memiliki keunggulan dalam menyediakan unsur hara yang terukur dan cepat tersedia bagi tanaman, lebih praktis, serta dosisnya mudah ditentukan. Oleh karena itu, efektivitas kedua jenis pemupukan ini bergantung pada tujuan dan kondisi budidaya tanaman.

2.2.6 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2 Data penelitian

No	Judul/Penulis	Metode	Hasil
1	Pengaruh Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Pertumbuhan Bibit <i>Mucuna bracteata</i> . Penulis Fernando B. Manik dkk (2020)	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Non Faktorial dengan tiga ulangan dan 7 taraf perlakuan limbah cair pabrik	Hasil penelitian Menunjukkan bahwa pemberian limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap pertumbuhan bibit <i>Mucuna Bracteata</i> Berpengaruh nyata terhadap berat segar tajuk, dan berat kering

	kelapa sawit : (L0) Kontrol/tanpa perlakuan LCPKS, (L1) 25 ml/l larutan, (L2) 50 ml/l larutan, (L3) 75 ml/l larutan, (L4) 100 ml/l larutan, (L5) 125 ml/l larutan, (L6) 150 ml/l larutan. Data penelitian dianalisa menggunakan analisa sidik ragam (Analysis of variance) dan uji lanjut Tuckey menggunakan software SAS versi 9.1.3	tajuk. Kesimpulan dari penelitian ini Adalah pemberian limbah cair pabrik kelapa sawit (L6) 150 ml/l larutan merupakan perlakuan yang memberikan hasil tertinggi pada berat segar tajuk 9,69 g, berat kering tajuk 1,88 g dan jumlah bintil akar 20,58 butir. tajuk 1,88 g, dan jumlah bintil akar 20,58 butir.
--	---	--

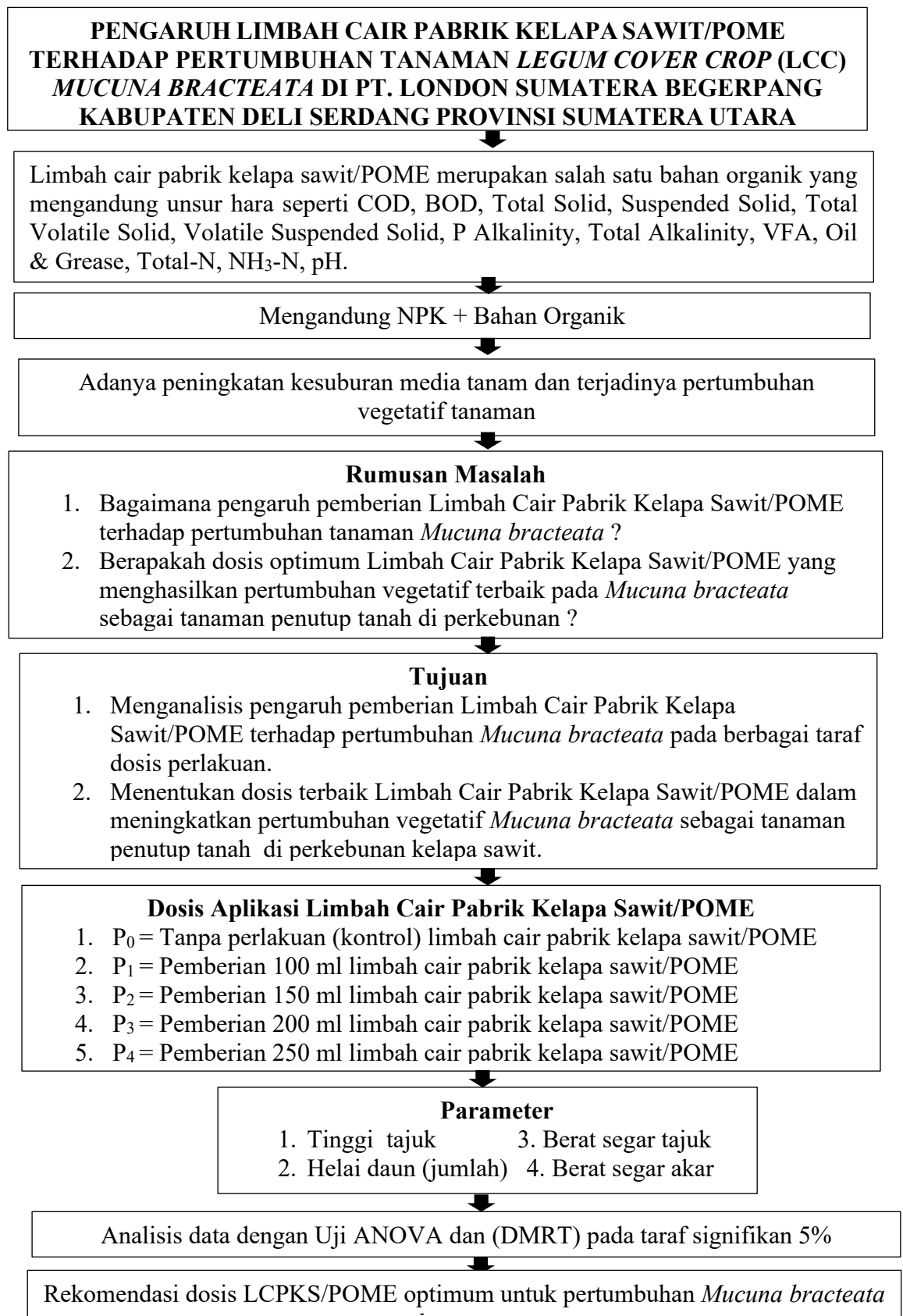
2	Perbandingan Pertumbuhan <i>Mucuna bracteata</i> Pada Berbagai Macam Pupuk dan Komposisi Media Tanam. Penulis Edo Chriziayanto Putra Anggara Nababan dkk (2023)	Metode percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor. Faktor pertama adalah macam pupuk dengan 3 aras yaitu : P1 = pupuk urea dosis 5 g; P2 = pupuk <i>rock phosphate</i> dosis 50 g; P3 = pupuk NPKMg 5 g. Faktor kedua yaitu komposisi media tanam dengan 3 aras yaitu : T1 = <i>top soil</i> ; T2 = <i>top soil</i> : pupuk kandang 1:1; T3 = <i>top soil</i> :	Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terdapat interaksi nyata antara komposisi media tanam dengan macam pupuk pada parameter berat kering akar, berat segar tajuk, dan berat kering tajuk. Perlakuan terbaik pada komposisi media tanam top soil : pupuk kandang 2:1 dengan pupuk NPKMg 5 g, perlakuan komposisi media tanam memberikan
---	--	--	--

		pupuk kandang 2:1. Dengan demikian, diperoleh $3 \times 3 = 9$ kombinasi perlakuan dengan 6 ulangan sehingga total sampel yang digunakan $9 \times 6 = 54$ bibit.	pengaruh nyata terhadap parameter panjang akar dan berat segar tajuk dan pemberian pupuk NPKMg 5 g memberikan pertumbuhan M. bracteata tertinggi pada semua parameter kecuali volume akar.
3	Pengaruh Beberapa Dosis Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dan Media Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (<i>Elaeis Guineensis</i> Jacq.) Fase Main Nursery. Penulis Hot Aryanto Sitompul dkk (2015)	Dilakukan secara eksperimen dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 24 satuan. Percobaan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk setiap satuan percobaan terdapat 2 tanaman bibit karet sehingga dibutuhkan 48 tanaman bibit karet, dimana pemberian limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan 6 taraf yaitu: tanpa pemberian LCPKS (L0), dosis LCPKS 1,6 l/polybag (L1), dosis LCPKS 2,4 l/polybag (L2), dosis LCPKS 3,2 l/polybag (L3), dosis LCPKS 4,0 l/polybag (L4), dosis LCPKS 4,8	limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) memberikan pengaruh nyata terhadap ratio tajuk akar, namun memberikan pengaruh tidak nyata terhadap parameter pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, pertambahan lingkaran batang, berat kering bibit dan volume akar. Pemberian dosis 2,4 L LCPKS menunjukan rata-rata tertinggi dari setiap parameter pengamatan memberikan pertumbuhan yang baik. limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) memberikan pengaruh nyata terhadap ratio tajuk akar, namun memberikan

		l/polybag (L5). Data yang diperoleh	pengaruh tidak nyata terhadap
		dianalisis secara statistik dengan analisis ragam dan dengan uji (DNMRT) pada Taraf 5%	parameter pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, pertambahan lingkaran batang, berat kering bibit dan volume akar. Pemberian dosis 2,4 L LCPKS menunjukkan rata-rata tertinggi dari setiap parameter pengamatan memberikan pertumbuhan yang baik.
4	Pengaruh Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Pada Pembibitan Utama. Penulis Restu Ramadhan dkk. (2021)	Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acaka Lengkap (RAL). Perlakuan yang digunakan berdasarkan dosis LCPKS yaitu 0 ml, 200 ml, 250 ml, 333,33 ml, 500 ml, dan 1.000 ml LCPKS yang diberikan setiap minggu selama 20 bulan. Setiap perlakuan diulang 4 kali sehingga diperoleh 24 unit percobaan dan masing-masing unit terdiri atas 4 bibit kelapa sawit. Hasil data penelitian dianalisa melalui analisis varians	Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) dapat meningkatkan pH dan kandungan C-organik tanah, dengan peningkatan tertinggi pada aplikasi 20 liter LCPKS yang diberikan bertahap (1.000 ml/minggu selama 20 minggu). Selain itu, LCPKS juga meningkatkan tinggi, diameter, jumlah daun, berat kering tajuk dan akar, serta indeks kekokohan bibit, dengan hasil terbaik pada aplikasi 4 liter

		dengan batas kesalahan 5% dan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5%.	yang diberikan bertahap (200 ml/minggu)
5	Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Dari Batang Pohon Pisang & Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Mucuna bracteata. Penulis Galih Mulia Prawirahadi dkk. (2024)	Metode penelitian rancangan acak lengkap (RAL) dipilih untuk melaksanakan penelitian ini, dengan menggunakan 2 faktor. Faktor 1 dosis pupuk organik cair batang pisang. (kontrol, 5 ml, 10 ml, 20 ml) Faktor 2 dosis pupuk NPK (kontrol, 1 g, 2 g, 3 g). Terdapat 16 kombinasi dari kedua faktor, dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, menghasilkan 48 satuan objek penelitian. Hasil data penelitian dianalisa melalui analisis varians dengan batas kesalahan 5% dan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5%	Berdasarkan hasil analisa, ditemukan interaksi antara pupuk organik cair dan pupuk NPK terhadap panjang sulur tanaman Mucuna bracteata. Dosis pupuk cair 20 ml dan dosis pupuk NPK 2 g menghasilkan panjang Sulur 252,7 cm.

2.3 Kerangka Pikir



Gambar 2 Kerangka pikir

2.3.1 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan serta didukung dengan beberapa informasi, penelitian terdahulu, dan hasil penelitian awal di lokasi. Maka dari itu, dapat disusun suatu hipotesis sebagai bentuk dugaan sementara. Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah :

1. Diduga adanya pengaruh nyata dari pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME terhadap pertumbuhan bibit *Mucuna bracteata* di daerah penelitian.
2. Diduga terdapat satu dosis Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit/POME yang memberikan pertumbuhan terbaik terhadap bibit *Mucuna bracteata*.