

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L)

Tanaman pakcoy merupakan sayuran daun populer dari famili *Brassicaceae* yang memiliki siklus hidup pendek dan nilai gizi tinggi. Pakcoy kaya vitamin C (45 mg/100g), vitamin K (156 mg/100g), folat (66 mg/100g), kalsium (105 mg/100g), dan kalium (257 mg/100g). Antioksidan seperti flavonoid dan isothiocyanate melindungi sel dari radikal bebas dan menurunkan risiko kanker (Hanafi et al., 2025).

Klasifikasi tanaman pakcoy adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Divisi: Spermatophyta

Kelas: Dicotyledonae

Ordo: *Rhoeadales*

Famili: *Brassicaceae*

Genus: *Brassica*

Spesies: *Brassica rapa*

Varietas: *Chinensis*

Pakcoy memiliki batang pendek (10-20 cm), daun hijau gelap mengkilap berbentuk oval (panjang 15-30 cm, lebar 5-10 cm) tersusun roset rapat. Sistem perakaran pakcoy adalah akar tunggang yang kemudian berkembang menjadi akar serabut, memungkinkan penyerapan unsur hara dari lapisan tanah bagian

atas. Bunga kuning kecil jika generatif (siklus 40-60 hari), tetapi dikonsumsi vegetatif pada umur 25-35 (HST). Tanaman ini tergolong tanaman semusim dengan umur panen yang relatif singkat yaitu, 30–45 hari setelah tanam sehingga efisiensi penggunaan lahan dan waktu menjadi keunggulan utama dalam budidayanya (Anjarwati et al., 2022).

Tanaman pakcoy tumbuh optimal pada ketinggian 0-1.200 MDPL dengan puncak produktivitas di 100-500 MDPL, suhu 15-30°C (ideal 18-25°C), kelembaban 70-80%, curah hujan >200 mm/bulan, dan pH tanah 6,0-7,0. Pakcoy memungkinkan budidaya di dataran rendah panas (Jawa Barat, Sumatera) maupun dataran tinggi sejuk (Lembang, Malang). Di Indonesia pakcoy dapat dibudidayakan hampir di seluruh wilayah pertanian sayuran (Diantari et al., 2023).

Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa produksi sawi pakcoy terus meningkat dalam lima tahun terakhir. Pada tahun 2019 dari 635.728 ton menjadi 671.619 ton pada tahun 2023 meningkat rata-rata sebesar 0,98% per tahun (Kementerian Pertanian, 2024).

2.2. Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk organik cair (POC) adalah jenis pupuk yang dibuat dari bahan organik yang difermentasi. Pupuk ini mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman seperti unsur hara makro dan mikro. POC dapat diaplikasikan melalui tanah (*soil drench*) atau disemprotkan langsung ke permukaan daun (*foliar spray*). POC merupakan alternatif pemupukan yang lebih ramah lingkungan

dibandingkan pupuk kimia, karena dapat memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Taula'bi et al., 2024). Penelitian pada tanaman sayuran menunjukkan bahwa pemberian POC dari limbah organik dapat memengaruhi tinggi tanaman, jumlah daun, serta berat tanaman secara nyata (Azzalia et al., 2025).

Mekanisme penyerapan nutrisi dari POC oleh tanaman hortikultura daun melibatkan dua jalur utama yaitu melalui sistem perakaran (*soil drenching*) dan melalui jaringan epidermis daun (*foliar spray*). Ketika POC diaplikasikan ke tanah, asam-asam organik rantai pendek hasil fermentasi oleh mikroba bekerja sebagai agen pengkelat alami (Warsiyah et al., 2018). Warsiyah et al., (2018) juga menyebutkan asam-asam organik ini mampu memutuskan ikatan kompleks fosfat yang terfiksasi kuat oleh mineral logam Aluminium (Al) atau Besi (Fe) pada tanah masam sehingga unsur hara Makro fosfor (P) yang semula terikat berubah wujud menjadi ion ortofosfat yang siap diserap oleh rambut-rambut akar tanaman.

Keberadaan mikroorganisme fungsional yang aktif pada POC, dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) di zona perakaran (*rhizosphere*) (Warsiyah et al., 2018). Mikroorganisme tersebut menguraikan bahan organik makro menjadi senyawa humus yang memiliki gugus fungsional bermuatan negatif tinggi, sehingga mampu mengikat kation-kation hara penting seperti kalium, kalsium dan magnesium agar tidak mudah tercuci (*leaching*) (Warsiyah et al., 2018).

Secara fisiologis optimalisasi fase vegetatif tanaman pakcoy sangat ditentukan oleh ketersediaan unsur hara makro esensial yaitu nitrogen (N), Fosfor (P), dan kalium (K). Unsur nitrogen berperan penting sebagai penyusun klorofil dan protein yang mempercepat pembelahan sel pada titik tumbuh. Unsur fosfor berkontribusi dalam mentransfer energi seluler (ATP) untuk memacu pertumbuhan akar. Kalium berfungsi menjaga turgor sel melalui kontrol stomata sekaligus meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan (Mustafa, 2020).

Proses POC melibatkan aktivitas mikroorganisme seperti dekomposer, yang berperan mendegradasi senyawa organik kompleks. Beberapa mikroorganisme decomposer diantaranya adalah *Lactobacillus* sp. dan *Saccharomyces* sp (Ratnawati, 2018), mikroorganisme lain yang turut berperan penting dalam penguraian bahan organik meliputi kelompok bakteri seperti *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Actinomycetes*, serta kelompok jamur dekomposer seperti *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. Aktivitas metabolisme mikroorganisme dekomposer mentransformasi unsur hara menjadi bentuk ionik seperti nitrat dan fosfat yang lebih mudah diabsorpsi oleh tanaman. Proses fermentasi pada pembuatan POC tidak hanya menghasilkan nutrisi makro dan mikro tetapi juga menghasilkan berbagai jenis asam organik rantai pendek (*short-chain organic acids*).

Asam organik yang terbentuk dari aktivitas dekomposisi *Lactobacillus* sp. dan *Saccharomyces* sp. meliputi asam laktat, asam asetat, asam sitrat, asam malat, asam suksinat, dan asam oksalat (Achmad et al., 2022). Asam laktat dan

asam asetat merupakan hasil metabolisme utama dari perombakan karbohidrat sederhana serta gula pada air kelapa tua dan ampas kopi oleh *Lactobacillus* sp. dan *Saccharomyces* sp., sedangkan asam sitrat dan malat diproduksi melalui jalur siklus asam karboksilat mikroba (Minarsih et al., 2020). Keberadaan asam-asam organik ini bekerja sebagai agen pengkhelat alami (*chelating agent*) yang mendisosiasi atau melepaskan ikatan kompleks fosfat yang terfiksasi oleh logam aluminium (Al) atau besi (Fe) di dalam tanah, sehingga unsur hara fosfor (P) menjadi lebih tersedia dan siap diserap oleh perakaran tanaman pakcoy (S. Indriani et al., 2014). Keberadaan mikroorganisme dalam POC berkontribusi pada perbaikan struktur tanah secara biologis serta peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) yang krusial bagi pertumbuhan tanaman (Waruwu et al., 2024).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat bergantung pada ketersediaan unsur hara makro esensial yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Nitrogen berperan sebagai penyusun protein, klorofil, dan asam nukleat, serta berperan dalam memperbesar ukuran sel dan mempercepat pembelahan sel pada titik tumbuh tanaman (Mustafa, 2020). Fosfor berperan penting dalam transfer energi (ATP), merangsang pertumbuhan akar, serta mempercepat proses pembungaan dan pematangan buah. Kalium berfungsi sebagai aktivator enzim dan pengatur turgor sel melalui kontrol stomata yang secara langsung meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit dan cekaman lingkungan (Febriani et al., 2024). Sinergi ketiga unsur ini pada tanaman pakcoy sangat menentukan optimalisasi fase vegetatif hingga pencapaian biomassa maksimal.

2.3. Ampas Kopi Sebagai Bahan Organik

2.3.1. Karakteristik Dan Kandungan Unsur Hara Ampas Kopi

Ampas kopi merupakan limbah padat hasil proses penyeduhan yang tergolong bahan organik *biodegradable*. Secara fisik ampas kopi memiliki tekstur halus dengan luas permukaan yang besar sehingga memudahkan proses dekomposisi oleh mikroba (Ilham et al., 2023). Secara kimiawi ampas kopi mengandung unsur hara makro esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).

Ampas kopi memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi berkisar antara 2,1-2,4% yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif (Wulandari et al., 2023). Nitrogen yang ada dalam ampas kopi membantu memperbesar ukuran sel dan mempercepat proses pembelahan sel di bagian ujung tanaman (Jonkalvin, 2024).

Kandungan unsur hara fosfor yang ada dalam ampas kopi membantu di awal pertumbuhan pakcoy, terutama dalam pembentukan akar. Fosfor adalah bagian dari ATP yang berperan menyimpan dan mentransfer energi dalam proses metabolisme sel. Akar yang kuat dan pasokan energi yang cukup tanaman pakcoy dapat menyerap air dan nutrisi dari tanah lebih baik sehingga memperkuat struktur tanaman secara keseluruhan (Edriani et al., 2021).

Unsur Hara kalium dalam ampas kopi juga berperan sebagai pengaktif berbagai enzim yang mengatur berbagai proses dalam tubuh tanaman seperti pembukaan dan penutupan celah kecil di daun yang disebut stomata, serta

membantu menjaga keseimbangan air di dalam sel tanaman. Kalium yang cukup pada tanaman pakcoy akan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang tidak baik sekaligus membuat tekstur daun tetap renyah dan beratnya optimal (Zega, 2022).

Kandungan mineral lain seperti magnesium (Mg), kalsium (Ca), serta senyawa polifenol dan selulosa yang dapat memperbaiki kualitas fisik media tanam (Ningsih et al., 2015). Pemanfaatan ampas kopi terbukti memicu peningkatan tinggi tanaman dan penambahan jumlah daun secara nyata karena struktur fisiknya yang halus memiliki luas permukaan besar, sehingga memudahkan proses dekomposisi dan pelepasan hara oleh mikroba tanah (Wulandari et al., 2023).

2.3.2. Potensi dan Keunggulan Ampas Kopi Sebagai Pupuk Organik Cair (POC)

Pemanfaatan ampas kopi dalam bentuk Pupuk Organik Cair (POC) dianggap lebih efisien karena nutrisi tersedia dalam fase larut. Proses fermentasi ampas kopi dengan bantuan mikroorganisme seperti *Lactobacillus* sp. dan *Saccharomyces* sp., mampu mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi bentuk ionik (Atmaja, 2021).

Menurut Waruwu et al (2024) Aplikasi POC dari limbah organik tidak hanya menyuplai hara secara langsung ke daun atau akar, tetapi juga meningkatkan populasi mikroba fungsional di dalam tanah. Hal ini menjadikan

POC ampas kopi sebagai alternatif nutrisi yang ramah lingkungan dan rendah biaya bagi petani hortikultura.

Beberapa keunggulan yang diperoleh dari pemanfaatan ampas kopi meliputi:

1) Reduksi Limbah Organik

Ampas kopi merupakan limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh industri kopi dan rumah tangga. Jika tidak dikelola akumulasi limbah ini dapat meningkatkan beban pembuangan akhir dan menghasilkan gas metana yang berkontribusi pada pemanasan global. Pengolahan ampas kopi menjadi POC secara langsung mengurangi volume limbah industri dan domestik (Ilham et al., 2023).

2) Efisiensi Biaya dan Aksesibilitas Bahan

Dari segi ekonomi ampas kopi adalah bahan baku yang relatif murah dan mudah diperoleh karena banyaknya kedai kopi di berbagai daerah. Penggunaan POC dari ampas kopi dapat menekan biaya produksi pertanian terutama bagi petani skala kecil yang sering terkendala oleh fluktuasi harga pupuk kimia (Kurniawan et al., 2025).

3) Keberlanjutan Lingkungan (*Eco-Friendly*)

Penggunaan pupuk kimia sintetis yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi struktur tanah dan pencemaran air tanah, POC ampas kopi bersifat ramah lingkungan. Nutrisi organik di dalamnya memperbaiki aktivitas biologi tanah tanpa meninggalkan residu kimia berbahaya (Marbun, 2023)

4) Implementasi Ekonomi Sirkular dan Pertanian Berkelanjutan

Pemanfaatan ampas kopi mencerminkan penerapan konsep ekonomi sirkular di mana limbah dari satu proses produksi (industri kopi) diolah kembali menjadi input produktif untuk sektor lain (pertanian). Hal ini mendukung kemandirian pangan melalui sistem pertanian berkelanjutan yang meminimalkan penggunaan input luar yang tidak terbarukan (Atmaja, 2021).

2.3.3. Mekanisme Kerja POC Dari Ampas Kopi Pada Tanaman Pakcoy

Mekanisme kerja POC ampas kopi pada tanaman pakcoy terjadi melalui penyediaan hara secara perlahan dan peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Asam-asam organik hasil fermentasi berperan dalam mendisosiasi ikatan fosfat yang terfiksasi oleh logam di dalam tanah sehingga unsur P menjadi tersedia untuk diserap akar (Atmaja et al., 2021).

Peningkatan ketersediaan nitrogen dari POC ampas kopi secara signifikan mendukung pembentukan klorofil dan luas daun yang merupakan parameter utama pertumbuhan tanaman sawi-sawian seperti pakcoy. Struktur tanah yang lebih remah akibat aktivitas mikroba membantu penetrasi akar dalam menyerap air dan nutrisi secara optimal (Waruwu et al., 2024).

Ampas kopi yang telah melalui proses fermentasi anaerob mengalami perombakan struktur selulosa dan polifenol sehingga senyawa nitrogen kompleks di dalamnya terurai menjadi bentuk yang lebih sederhana. Unsur N ini bertindak sebagai bahan baku utama pembentukan molekul klorofil di dalam kloroplas daun. Semakin tinggi konsentrasi nitrogen yang tersedia dan terserap maka laju

pembentukan klorofil-a dan klorofil-b akan meningkat secara linear (Warsiyah et al., 2018).

Peningkatan kerapatan klorofil ini secara visual membuat daun pakcoy menjadi lebih hijau pekat dan secara fisiologis mengoptimalkan penangkapan energi foton matahari untuk proses fotosintesis. Karbohidrat (asimilat) yang dihasilkan dari fotosintesis yang optimal kemudian ditranslokasikan dari daun menuju titik-titik tumbuh aktif tanaman seperti meristem apikal batang dan ujung akar, guna memacu pembelahan sel-sel baru (Warsiyah et al., 2018).

Unsur hara Nitrogen (N) dan Mg yang diserap dari POC ampas kopi memicu sintesis molekul klorofil pada daun, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan energi cahaya dan laju fotosintesis yang berdampak langsung pada pembentukan jaringan vegetatif pakcoy (Purnomo et al., 2023a). Purnomo et al., (2023) Aplikasi pupuk cair berbahan ampas kopi mampu merangsang aktivitas pembelahan sel pada meristem apikal serta memperluas sistem perakaran, yang selanjutnya mengoptimalkan penyerapan hara dan air untuk mendukung pertumbuhan vegetatif pakcoy.

2.4. Air Kelapa Tua Sebagai Sumber Nutrisi Tambahan

Air kelapa tua mengandung berbagai mineral dan nutrisi mikro seperti kalium serta mineral lainnya. Jika diolah menjadi bagian dari POC air kelapa tua dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Tampubolon et al., 2021). Air kelapa tua dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman karena mengandung komposisi kimia kompleks yang mencakup karbohidrat, vitamin,

asam amino, serta mineral makro dan mikro (seperti kalium, magnesium, dan kalsium) yang siap diserap oleh akar (Tampubolon et al., 2021).

Selain sebagai sumber hara langsung air kelapa kaya akan zat pengatur tumbuh (ZPT) seperti sitokinin dan auksin yang merangsang pertumbuhan akar dengan sistem perakaran yang lebih luas dan kuat, kapasitas tanaman untuk menyerap nutrisi dari dalam tanah pun meningkat secara signifikan. Ketika difermentasi menjadi POC kandungan gula dan protein dalam air kelapa tua berperan sebagai substrat atau makanan bagi mikroorganisme pengurai seperti *Lactobacillus* sp dan *Saccharomyces* sp dan *Streptomyces* sp (Aini et al., 2023).

Bakteri dari genus *Bacillus* sp. mensekresi enzim protease dan amilase untuk merombak protein dan karbohidrat Kompleks menjadi senyawa sederhana seperti asam amino dan gula terlarut, sementara *Streptomyces* sp. berkontribusi dalam dekomposisi bahan organik serta sintesis metabolit sekunder yang menguntungkan (Rasmito et al., 2019). Kandungan mineral yang kaya terutama unsur Kalium pada air kelapa tua bertindak mengatur efisiensi pembukaan stomata dan penyerapan air (Indriani et al., 2014).

Keberadaan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami berupa sitokinin (zeatin dan kinetin) serta auksin di dalam air kelapa tua secara aktif merangsang pembelahan sel, menunda penuaan daun, dan mempercepat pertumbuhan sistem perakaran yang lebih luas. Aktivitas mikroba ini memecah senyawa organik kompleks yang tadinya terikat di tanah menjadi bentuk ionik yang tersedia bagi tanaman (*bioavailable*) (Tampubolon et al., 2021).

Menurut Datu et al (2025) bahwa sitokinin dapat berperan dalam pembelahan sel dan menunda penuaan daun. Auksin dapat membantu perpanjangan sel dan pertumbuhan akar sehingga penambahan air kelapa dalam pembuatan POC dapat mendukung pertumbuhan tanaman pakcoy karena dapat mempercepat fase vegetatif tanaman pakcoy.

Pentingnya penambahan air kelapa tua dalam formulasi POC ini terletak pada kandungan fitohormon atau zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang sangat melimpah khususnya golongan sitokinin (terdiri atas zeatin dan kinetin) dan auksin (Setyawati et al., 2020). Hormon sitokinin endogen di dalam air kelapa tua bekerja pada tingkat seluler dengan cara merangsang sitokinesis (pembelahan sel) dan morfogenesis pada jaringan meristem pucuk tanaman (Datu et al., 2025).

Hormon auksin dalam air kelapa tua, berperan menstimulasi pemanjangan sel radikula dan menginisiasi pembentukan akar lateral serta bulu-bulu akar baru (Setyawati et al., 2020). Jaringan perakaran yang luas, panjang, dan bercabang banyak secara otomatis memperluas volume tanah yang dapat dijangkau oleh tanaman untuk menyerap air dan larutan POC (Datu et al., 2025). Sitokinin memiliki peran fisiologis penting dalam menunda proses penuaan daun (*senescence*) dengan cara mencegah degradasi protein dan menjaga stabilitas membran sel kloroplas (Setyawati et al., 2020).