

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Pakcoy

2.1.1. Klasifikasi

Pakcoy dikenal dengan nama ilmiah *Brassica rapa* L., yang termasuk pada kelompok tanaman sayuran dan diklasifikasikan pada keluarga Brassicaceae. Tanaman ini termasuk pada kelompok sayuran berdaun hijau yang erat kaitannya atau masih satu keluarga dengan tanaman sawi. Pakcoy bisa dikategorikan menjadi tanaman semusim yang bisa dengan mudah dibudidayakan diberbagai daerah seperti pegunungan maupun dataran rendah. Karakteristik tanaman pakcoy lainnya yakni punya masa panen yang cukup singkat 35 sampai 40 hari dengan mudah dibisakan, hingga akhirnya punya nilai ekonomis yang cukup menguntungkan guna dibudidayakan. Menurut Murti & Nur'aini (2023) klasifikasi tanaman pakcoy dijelaskan menjadi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Class	: Dicotyledonae
Ordo	: Brassicales
Family	: Brassicaceae
Genus	: Brassica
Species	: <i>Brassica rapa</i> L.

2.1.2. Morfologi

a. Akar

Tanaman pakcoy memiliki akar dengan tipe tunggang, membentuk cabang yang menyebar kedalam permukaan tanah hingga 30-40 cm. Sistem perakaran tersebut menyebar kesegala arah disekitar tanaman. Tanaman pakcoy dapat tumbuh dengan baik apabila media tanamnya cukup unsur hara, daya serap airnya baik dan gembur. Sebab, akar pakcoy berfungsi mencari zat atau mikroorganisme baik dari dalam tanah. Selain itu, fungsi akar juga untuk memperkuat berdirinya batang tanaman saat diatas media tanam (Pranata, 2018). Lebih jelasnya gambar akar pakcoy pada Gambar 2.1. sebagai berikut.



Gambar 2.1. Akar Tanaman Pakcoy
Sumber: Dokumentasi Pribadi Silvi, (2025)

b. Batang

Tanaman pakcoy termasuk dalam tanaman dengan batang yang relatif pendek dengan ruas-ruas yang rapat, sehingga tampak seolah-olah tidak terlihat secara jelas. Tanaman ini mempunyai batang utama yang tertutupi pelepah daun, dan termasuk dalam jenis batang basah dan batang semu. Tanaman dengan batang dominan basah mempunyai ciri batang lunak, mudah dipotong dan mengandung air. Tanaman pakcoy juga dikategorikan sebagai tanaman berbatang semu yang terbentuk akibat pelepah daun yang tumbuh rapat, saling melekat dengan yang lainnya, dan tersusun secara teratur. Batang tanaman pakcoy berperan penting sebagai penghubung antara sistem perakaran dan bunga, mempermudah proses identifikasi morfologi tanaman, serta membantu menopang dan menjaga posisi daun agar tetap tegak. Batangnya berwarna hijau dan juga berfungsi sebagai struktur pendukung serta tempat melekatnya daun (Setiawan, 2022). Lebih jelasnya gambar batang pakcoy pada Gambar 2.2. sebagai berikut..



Gambar 2.2. Batang Tanaman Pakcoy
Sumber: Dokumentasi Pribadi Silvi, (2025)

c. Daun

Daun pakcoy berbentuk oval, berwarna hijau tua, dan tampak mengkilap. Daunnya umumnya tumbuh dalam posisi sedikit tegak hingga semi-horizontal, tersusun rapat dalam bentuk spiral, dan dilengkapi dengan tangkai daun (petiolus). Tanaman pakcoy memiliki tangkai daun yang berdaging dan berwarna putih atau hijau muda. Tanaman ini dapat tumbuh hingga setinggi 15 hingga 30 cm. Selain itu,

tanaman pakcoy mempunyai daun dengan permukaan yang sangat halus dan tidak berbulu. Tangkai daun pakcoy yang lebar, berdaging, dan berwarna hijau muda menjadikannya jelas berbeda dari varietas sayuran lainnya. Lebih jelasnya gambar daun pakcoy pada Gambar 2.3. sebagai berikut..



Gambar 2.3. Daun Tanaman Pakcoy
Sumber: Dokumentasi Pribadi Silvi, (2025)

d. Bunga

Tanaman pakcoy memiliki struktur bunga dengan banyak percabangan, berwarna kuning, dan bunga pada tanaman pakcoy terhadap buah dengan bentuk seperti buah polong dan berongga-rongga serta memiliki warna kecoklatan. Tanaman ini mempunyai susunan bunga yang cukup tertata dengan tangkai bunga yang berukuran cukup panjang serta mempunyai empat kelopak bunga, empat benang sari, satu putik, dan empat mahkota kuning (Pranata, 2018). Proses penyerbukan pada bunga dapat terjadi melalui bantuan agen penyerbuk seperti serangga (entomofili) maupun melalui intervensi manusia secara manual (Barokah *et al.*, 2017). Lebih jelasnya gambar bunga pakcoy pada Gambar 2.4. sebagai berikut.



Gambar 2.4. Bunga Tanaman Pakcoy
Sumber: Dokumentasi Nur Afni, (2024)

2.1.3. Syarat Tumbuh

Pakcoy dapat tumbuh di berbagai wilayah dengan ketinggian antara 5 dan 1200 meter di atas permukaan laut, baik di daerah dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman ini memiliki karakteristik dan keunggulan yang cukup baik.

diantaranya kemampuan adaptasi yang sangat baik diberbagai kondisi lingkungan tumbuh, termasuk toleransi terhadap suhu rendah maupun tinggi. Dengan kata lain, pakcoy mampu tumbuh dengan baik dalam rentang suhu yang luas, sehingga cocok ditanam di berbagai daerah. Meskipun memiliki fleksibilitas dalam beradaptasi dengan suhu, pada kenyataannya, budidaya pakcoy lebih sering dilakukan di daerah dataran tinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan di dataran tinggi yang lebih mendukung pertumbuhan optimal, seperti kelembapan udara stabil, kualitas tanah baik, atau suhu yang sejuk (Hermanto *et al.*, 2021).

Tanaman pakcoy dapat beradaptasi dengan baik dengan suhu 20°C sampai 35°C. Kondisi optimal yang dibutuhkan tanaman pakcoy untuk melakukan pertumbuhan dengan baik dikisaran suhu udara malam 15,6°C dan 21,1°C untuk suhu udara disiang hari. Suhu yang melebihi 24°C berpotensi mengakibatkan kerusakan tepi daun terbakar, sementara suhu dibawah 13°C dalam waktu yang lama dapat memicu tanaman untuk beralih memasuki fase pertumbuhan reproduktif terlalu cepat (Saleh *et al.*, 2022). Untuk lebih jelas mengenai syarat tumbuh tanaman pakcoy diuraikan sebagai berikut:

1. Tanah

Pertumbuhan tanaman pakcoy sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh yang optimal diantaranya tanah yang subur dengan drainase baik, bertekstur liat, berpasir liat, gembur dan mengandung berbagai nutrisi yang bermanfaat bagi tanaman. Sifat biologis tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman pakcoy antara lain kandungan unsur hara yang tinggi termasuk humus, dan berbagai jenis kandungan unsur hara bermanfaat. Tanah dengan kadar unsur hara mikro dan makro yang tinggi memengaruhi pertumbuhan tanaman pakcoy. Kondisi tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman pakcoy yaitu pada derajat kemasaman (pH) tanah antara 6 sampai 7. Pada lahan kering masam perlu ditambahkan bahan organik berupa pupuk organik dari sisa tanaman, kotoran ternak, maupun pupuk organik lainnya (Saputra *et al.*, 2022).

Kemasaman tanah termasuk salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Selain itu, kemasaman tanah juga saling memiliki keterkaitan karena pH berhubungan dengan ketersediaan unsur hara dan pH dengan sifat-sifat tanah. Tanah dengan kategori masam (pH) rendah akan

meracuni tanaman, hal ini karena tanah dengan kondisi masam dominan menghasilkan ion aluminium dan besi. Ion tersebut akan mengikat beberapa unsur hara utama yang ada pada tanah dan dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman diantaranya unsur sulfur (S) dan P (fosfor), sehingga akar tanaman tidak mampu menyerap nutrisi dari tanah dengan baik, meskipun tanah tempat tanaman tersebut ditanam memiliki beragam nutrisi (Nazir *et al.*, 2017). Pengapuran sebagai salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan kadar tanah yang masam dan meningkatkan pH tanah (Orton *et al.*, 2018). Kapur dolomit mengandung unsur hara magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) yang berfungsi untuk menetralkan tanah, selain itu dolomit juga digunakan untuk menetralkan zat-zat yang beracun pada tanah yang akan diserap oleh tanaman. Kondisi tanah yang sesuai dengan pertumbuhan pakcoy dapat memberikan hasil panen yang optimal.

2. Iklim

Pertumbuhan tanaman pakcoy juga dapat dipengaruhi oleh iklim. Unsur iklim terdiri dari intensitas cahaya matahari dan kelembapan udara. Sinar matahari merupakan sumber energi penting bagi tumbuhan dan untuk kelangsungan hidup tumbuhan. Proses fotosintesis dan proses metabolisme tanaman membutuhkan intensitas cahaya matahari. Tanaman pakcoy membutuhkan intensitas penyinaran matahari selama 10-12 jam sehari (Maskhuri *et al.*, 2022). Kebutuhan cahaya matahari yang tercukupi akan meningkatkan pertumbuhan vegetative dan generative tanaman pakcoy. Gejala penyinaran cahaya matahari yang kurang optimal akan mengakibatkan batang akan memanjang, daun berukuran kerdil dan daun akan berwarna sedikit pucat. Proses fotosintesis akan terjadi dengan cepat seiring dengan paparan sinar matahari yang intens, tetapi begitu intensitas cahaya mencapai titik jenuh, maka peningkatan proses fotosintesis akan terhenti.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan pakcoy selain penyinaran matahari adalah kelembapan udara. Tanaman pakcoy dapat tumbuh dengan optimal pada suhu antara 19°C hingga 21°C. Namun, tanaman ini menunjukkan toleransi pada suhu tinggi. Kelembapan yang diperlukan adalah antara 80-90%. Tanaman pakcoy memerlukan pasokan air yang memadai untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Kondisi lahan yang tergenang air akan menyebabkan pakcoy mudah

membusuk dan rentan terhadap hama dan penyakit. Tanaman pakcoy membutuhkan curah hujan 200 mm/bulan (Alviani, 2015).

2.2. Keunggulan Tanaman Pakcoy

Tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan salah satu jenis sayuran daun yang sangat mudah ditemukan dan diperoleh, sayuran ini sangat disukai oleh masyarakat Indonesia. Harga beli yang terjangkau oleh semua kalangan dan mudah dibudidayakan oleh petani, menjadikannya dapat ditemukan dengan mudah dalam bentuk segar ataupun olahan. Pakcoy adalah salah satu tanaman yang berasal dari Cina dan termasuk dalam keluarga Brassicaceae, sehingga tanaman ini dapat tumbuh dengan baik jika ditanam di tanah yang subur, gembur, tidak tergenang air dengan pH antara 6 dan 7 serta aerasi yang baik. Kandungan nutrisi pakcoy sangat penting bagi tubuh manusia, termasuk vitamin A, C, K, kalsium, dan zat besi. Kandungan serat dan air yang tinggi membuat pakcoy sangat bermanfaat untuk mendukung kesehatan sistem pencernaan dan membantu menjaga keseimbangan cairan tubuh, Pakcoy juga mengandung senyawa bioaktif dengan kemampuan antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan pakcoy hidroponik maupun nonorganik, meskipun secara keseluruhan aktivitas tersebut tergolong rendah. Menurut Sutresna & Jaya, (2023) disetiap mengkonsumsi 100 gram tanaman pakcoy, maka kandungan nutrisi yang didapatkan adalah protein 2,3 gram, lemak nabati 0,3 gram, karbohidrat 4,0 gram, kalsium 220 miligram, fosfor 38 miligram, vitamin A 6,4 gram, vitamin B 0,09 miligram, vitamin C 102 miligram, dan air 92 gram. Kandungan nutrisi tersebut bermanfaat untuk mencegah beberapa penyakit diantaranya katarak, kanker, cacat dari lahir, penyakit jantung dan hipertensi (Alribowo *et al.*, 2016). Selain pakcoy mempunyai kandungan nutrisi yang banyak, pakcoy banyak diminati oleh banyak kalangan masyarakat karena rasanya enak, mudah untuk dijadikan olahan, mudah ditemui dan tentunya murah.

2.3. Pupuk Organik Cair D.I. Grow

POC D.I. Grow adalah pupuk organik cair yang banyak tersedia di pasaran, dan umumnya diaplikasikan melalui daun. Komponen makronutrien dan mikronutrien penting yang terkandung dalam pupuk ini sangat penting untuk pertumbuhan dan produktivitas tanaman. D.I. Grow menawarkan banyak manfaat,

termasuk peningkatan pembentukan klorofil pada daun dan stimulasi pembentukan bintil akar pada tanaman polong-polongan. Kedua proses ini berkontribusi pada peningkatan kapasitas fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara yang lebih efisien. Penggunaan pupuk organik cair D.I. Grow juga dapat meningkatkan kekuatan tanaman, membuatnya lebih kuat dan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan seperti kekeringan, perubahan cuaca ekstrim, serta serangan pathogen penyebab penyakit (Luviana *et al.*, 2017).

Pupuk organik D.I. Grow adalah larutan pupuk organik cair (POC) yang terbuat dari rumput laut dengan nama ilmiah *Ascophyllum Nodosum*, yang merupakan jenis rumput laut cokelat yang diambil dan ditemukan hidup di laut Atlantik Utara. Kandungan gizi *Ascophyllum Nodosum* disajikan pada tabel 2.1. sebagai berikut.

Tabel 2.1. Kandungan Nutrisi *Ascophyllum Nodosum*

pH	6,2
Mineral Makro	C-Organik 9,37 %, N 5,24 %, P 3,36 %, K 4,37 %, Mg 0,24 %, S 1,33 %, Cl 0,53 %, dan Ca 0,01 %
Mineral Mikro	Fe 340 ppm, Mn 318 ppm, Zn 273 ppm, Cu 279 ppm, B 182 ppm, Pb 2 ppm, Cd 0,03 ppm, dan Co 12 ppm
17 Asam Amino Essensial	Asam Aspartat, Asam Glutamat, Serin, Glisin, Histidin, Arginin, Treonin, Alanin, Prolin, Tirosin, Valin, Metionin, Sistin, Isoleusin, Leusin, Fenilalanin, Lisin
Hormon/ Zat Pengatur Pertumbuhan	Giberelin, Auksin, Sitokinin
Zat Pembenh Tanah	Asam Humat, Asam Alginat, Asam Fulvat

Aplikasi pupuk organik cair (POC) memiliki sejumlah keunggulan, antara lain pengaplikasian yang sangat mudah, sangat efektif karena lebih mudah diserap secara langsung oleh tanaman, serta lebih efisien karena sekaligus membantu mempertahankan kelembapan tanah. Pupuk organik cair D.I. Grow adalah jenis pupuk organik yang dapat digunakan karena mengandung nutrisi penting yang dibutuhkan tanaman. Pupuk organik cair ini juga mengandung mikroorganisme yang berperan dalam penguraian bahan organik, sehingga nutrisi lebih mudah tersedia untuk pertumbuhan tanaman (Darmawansyah & Ulpah, 2021).

2.3.1. Keunggulan Pupuk Organik Cair D.I. Grow

Pupuk organik cair D.I. Grow menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan pupuk organik cair lainnya, salah satunya adalah kandungan nutrisinya yang lengkap. Pupuk ini mengandung makronutrien dan mikronutrien yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk organik D.I. Grow juga diperkaya dengan asam amino dan hormon pertumbuhan alami, seperti auksin, giberelin, dan sitokinin, yang membantu mempercepat pertumbuhan tanaman. Penggunaan meningkatkan produktivitas tanaman dengan memacu pertumbuhan akar, batang, daun, dan bunga, serta mempercepat fotosintesis sehingga tanaman lebih sehat dan kuat. Hasil panen meningkat, baik segi kuantitas maupun kualitas.

POC D.I. Grow juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, karena mengandung senyawa antimikroba alami. Selain itu, pupuk ini memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan aktivitas mikroorganisme serta memperbaiki porositas tanah agar akar lebih mudah menyerap nutrisi dan air. Pupuk ini cepat diserap tanaman karena mudah larut dalam air, dan dapat diaplikasikan melalui penyemprotan daun atau dikocorkan ke tanah. Sangat cocok untuk berbagai jenis tanaman, misalnya hortikultura, tanaman pangan dan perkebunan. Keunggulan lain adalah sifatnya yang ramah lingkungan karena berbahan dasar organik, aman bagi tanah, tanaman, dan manusia, serta tidak meninggalkan residu kimia berbahaya. POC D.I. Grow menjadi pilihan unggul karena efektivitasnya dalam meningkatkan hasil pertanian secara alami dan berkelanjutan. Gambar POC D.I. Grow disajikan pada Gambar 2.5. sebagai berikut.



Gambar 2.5. POC D.I. Grow
Sumber: Dokumentasi Pribadi Silvi, (2025)

2.4. Peranan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Pakcoy

Pupuk organik merupakan bahan tambahan yang dapat diberikan melalui bagian tanaman tertentu atau langsung pada tanah yang menyediakan unsur hara penting dengan tujuan mendukung pertumbuhan tanaman. Perannya sangat penting agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Pupuk organik terbuat dari olahan sisa tanaman dan kotoran hewan, tersedia dalam beberapa bentuk antara lain padat, larutan atau cairan, dan dapat diperkaya dengan mineral alami atau mikroorganisme bermanfaat. Keunggulan pupuk ini adalah kemampuannya untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, serta meningkatkan kandungan bahan organik dan nutrisi (Pandjaitan & Juwaningsih, 2022).

Pupuk organik cair adalah jenis pupuk yang dihasilkan dari penguraian bahan organik, seperti sisa-sisa tumbuhan, hewan, atau manusia, dalam bentuk larutan (Junaidi & Moeljanto, 2019). Pupuk ini memiliki keunggulan dalam menjaga kualitas tanah dan meningkatkan produksi tanaman dengan kualitas lebih baik. Selain itu, proses pembuatannya relatif mudah dan biaya produksinya lebih ekonomis. Pupuk organik cair juga telah terbukti efektif dalam mengurangi serangan hama dan penyakit pada daun. Namun, kekurangannya adalah membutuhkan ketekunan dan kesabaran dalam proses produksinya, sehingga tidak dapat diproduksi dalam jumlah besar untuk kebutuhan massal (Surawinata *et al.*, 2017).

Keunggulan pupuk organik cair adalah kandungan nutrisinya yang sangat kompleks, meskipun jumlahnya relatif sedikit tergantung dari bahan pembuatnya. Pupuk organik memiliki peran penting dalam membantu proses pelapukan mineral, memberikan nutrisi dan makanan bagi mikroba tanah, menghambat aktivitas mikroorganisme yang berbahaya, serta menyeimbangkan pH tanah.

2.5. Mekanisme Penyerapan Pupuk Organik Cair ke Tanaman

2.5.1. Penyerapan Melalui Daun

Proses penyerapan unsur hara pada tanaman tidak hanya melalui akarnya, tetapi juga melalui daunnya. Penyerapan nutrisi oleh daun terjadi melalui mekanisme difusi dan osmosis, yang berlangsung melalui stomata, sehingga proses ini sangat terkait dengan aktivitas membuka dan menutupnya stomata. Proses pertama, diawali dengan komponen unsur hara yang masuk melalui stomata,

eksodesmata, dan kutikula pada epidermis, kemudian bergerak menuju ke sitoplasma tanaman. Stomata berperan dalam respirasi tanaman, menjadi jalur masuknya karbon dioksida (CO₂) untuk fotosintesis, serta berfungsi dalam proses transpirasi. Biasanya, stomata dikelilingi oleh sepasang sel penjaga yang mengatur ukuran celah stomata dengan cara mengubah bentuknya, sehingga dapat memperbesar atau mempersempit bukaan stomata (Ester *et al.*, 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi mekanisme membuka-menutup stomata meliputi cahaya, kadar CO₂, suhu, kelembapan, dan hormon tumbuhan. Sinar matahari merangsang pembukaan stomata di siang hari karena tumbuhan menyerap cahaya menggunakan pigmen klorofil. Di sisi lain, dalam kondisi gelap atau cahaya redup, konsentrasi CO₂ meningkat dan kelembapan menurun, yang menyebabkan stomata menutup (Ester *et al.*, 2017).

Pemberian nutrisi melalui daun dapat merangsang peningkatan produksi klorofil, aktivitas seluler, serta respirasi, sehingga membantu tanaman dalam meningkatkan penyerapan air dan hara dari tanah. Menurut Qadri *et al.* (2015), pengaplikasian pupuk organik cair melalui daun dinilai lebih efisien dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Menurut hasil penelitian Lombu *et al.* (2023) bahwa pengaplikasian POC D.I. Grow menghasilkan pertumbuhan pakcoy yang cukup optimal diantaranya tinggi tanaman hingga 19,93 cm/tanaman, jumlah daun 12 helai/tanaman, lebar daun 8,16 cm², jumlah klorofil daun 44,36 µmol, presentase serangan akar 25,75%, dan berat kering oven 7,8 gram/tanaman. Hasil penelitian lain juga menyebutkan bahwa pemberian dosis POC 7,5 ml/liter air dapat menghasilkan produktivitas sawi hijau tertinggi dari perlakuan lain, diantaranya berat segar tanaman 192,50 gram/tanaman (Sinaga, 2018).

2.5.2. Penyerapan Melalui Akar

Menurut Farrasati *et al.* (2021), tiga mekanisme utama mengatur penyerapan unsur hara oleh akar tanaman, antara lain:

1. Difusi

Difusi terjadi bila konsentrasi unsur hara di sekitar akar lebih rendah dibandingkan konsentrasi dalam larutan tanah atau permukaan koloid tanah liat dan bahan organik. Hal ini terjadi karena beberapa nutrisi telah diserap oleh akar, menyebabkan nutrisi tersebut berpindah dari area dengan konsentrasi lebih tinggi

ke area dengan konsentrasi lebih rendah, yaitu menuju akar. Dengan kata lain, difusi adalah proses pergerakan molekul dari area dengan konsentrasi tinggi ke area dengan konsentrasi rendah. Unsur hara seperti kalium (K) dan fosfor (P) umumnya berpindah melalui mekanisme ini.

2. Aliran Massa

Aliran massa adalah pergerakan larutan tanah yang mengandung air dan mineral menuju akar akibat proses transpirasi pada tanaman. Mekanisme ini terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul air yang timbul ketika air menguap dari permukaan tanaman. Nutrisi seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) diangkut melalui cara ini. Ketika transpirasi berlangsung, perbedaan tekanan air antara tanah dan akar menyebabkan air bersama zat hara bergerak dari tanah yang bertekanan lebih tinggi ke akar yang bertekanan lebih rendah.

3. Intersepsi Akar

Intersepsi akar berlangsung ketika akar tumbuh dan memperluas daerah jangkauannya sehingga dapat menyerap nutrisi dari area tanah yang sebelumnya belum tersentuh. Nutrisi yang terkandung dalam larutan tanah atau yang terikat pada koloid tanah liat dan bahan organik menjadi lebih mudah diserap. Semakin panjang dan bercabang sistem akar, semakin luas pula area penyerapan, sehingga efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman meningkat.

2.6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy

Pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dipengaruhi oleh beberapa faktor, yang terbagi menjadi faktor internal dan eksternal.

2.6.1. Faktor Internal

1. DNA/RNA

Faktor genetik memiliki keterkaitan dengan potensi genetik suatu varietas dalam menghasilkan tingkat produktivitas yang tinggi. Gen merupakan unit dasar pewarisan sifat fenotip suatu organisme yang terdapat dalam kromosom tanaman. Gen ini mengandung informasi genetik dalam bentuk kode yang tersimpan dalam materi genetik organisme, yang biasanya dikenal sebagai DNA atau RNA. DNA merupakan molekul yang menyimpan informasi genetik dan berperan dalam

pewarisan karakteristik genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya. Sementara itu, RNA berfungsi dalam proses sintesis protein serta menyampaikan informasi genetik dari DNA ke ribosom. Ekstraksi DNA berkualitas baik dengan hasil yang tinggi merupakan faktor pembatas dalam analisis genetik tanaman, kualitas DNA dari setiap keturunan harus konsisten untuk memungkinkan analisis genetik yang tepat dari beberapa individu tanaman. Proses ekstraksi dan pemurnian DNA dengan kualitas tinggi sering kali menghadapi tantangan akibat keberadaan senyawa pengganggu seperti polisakarida, protein, serta inhibitor enzim DNA polimerase, termasuk tanin, alkaloid, dan polifenol. Senyawa-senyawa tersebut dapat menurunkan kualitas dan kuantitas DNA yang dihasilkan (Abdel-Latif & Osman, 2017).

2. Hormon dan Enzim

Hormon dan enzim memainkan peran yang sangat penting dalam memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hormon adalah salah satu faktor genetik yang secara langsung memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan. Hormon didefinisikan sebagai senyawa organik yang dihasilkan oleh bagian tanaman tertentu, kemudian ditranslokasi ke bagian lain untuk menjalankan fungsinya. Peran utama hormon meliputi stimulasi, penghambatan, serta pengaturan pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hormon disintesis oleh jaringan nonspesifik, umumnya berasal dari jaringan meristematik yang aktif sebagai respons terhadap rangsangan lingkungan tertentu. Pergerakan hormon di dalam tubuh tanaman berlangsung melalui sitoplasma atau ruang antar sel, sehingga distribusinya tidak selalu bergantung pada sistem pembuluh, meskipun beberapa fitohormon juga dapat ditransportasikan melalui xilem dan floem (Asra *et al.*, 2020). Jenis hormon pada tanaman antara lain auksin, sitokinin, giberelin, asam absisat, etilen, dan asam traumalin. (Debitama *et al.*, 2022).

Penerapan pupuk organik cair (POC) D.I. Grow diketahui bahwa POC memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. Hal ini disebabkan oleh adanya hormon yang dibutuhkan tanaman dalam POC. Hasil Pangaribuan *et al.* (2023) penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC dengan konsentrasi 25% mampu mengaktifkan kerja hormon yang terkandung di dalamnya. Perlakuan tersebut menghasilkan pertumbuhan pakcoy dengan tinggi tanaman 17,26 cm, lebar

daun 12,41 cm, jumlah daun 12,50 helai, diameter batang 12,00 mm, jumlah stomata 30,33 cm², serta berat segar batang dan daun sebesar 159,50 gram per tanaman. Menurut Sezgin & Kahya (2018), hormon memainkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif pada tumbuhan, seperti pemanjangan batang, pembentukan cabang, dan perkembangan organ. Hormon yang terlibat dalam proses ini meliputi auksin, giberelin, dan sitokinin.

Zat Pengatur Tumbuh tanaman adalah senyawa organik non-nutrien yang berperan dalam mengatur aktivitas fisiologis tanaman., baik dengan cara menstimulasi maupun menghambat proses tertentu. Salah satu hormon dalam kelompok ini adalah auksin, yang berperan dalam mempercepat pembentukan akar (Alpriyan & Karyawati, 2019). Auksin memiliki fungsi utama dalam merangsang pemanjangan sel dan pembelahan jaringan. Pemberian auksin secara eksogen bertujuan untuk meningkatkan aktivitas auksin endogen dalam tanaman sehingga mempercepat pembelahan sel serta pembentukan tunas baru (Tamba *et al.*, 2020). Hormon ini umumnya diproduksi pada jaringan tanaman yang aktif membelah, seperti meristem. Selain berperan dalam pembelahan dan pembesaran sel, auksin juga berkontribusi terhadap proses diferensiasi sel (Debitama *et al.*, 2022). Secara fisiologis, auksin mampu memicu pembesaran sel, menimbulkan absisi, menghambat pertumbuhan tunas lateral, merangsang pembentukan akar, serta meningkatkan aktivitas kambium (Khairuna, 2019).

Sitokinin merupakan hormon penting yang termasuk dalam golongan turunan purin dan berperan signifikan dalam berbagai aspek pertumbuhan serta perkembangan tanaman. Hormon ini berfungsi dalam proses fisiologis sepanjang siklus hidup tanaman, seperti gametogenesis, pembentukan meristem akar, pembentukan jaringan vaskular, pertumbuhan akar dan pucuk, pemeliharaan meristem, serta penundaan penuaan daun. Sitokinin juga terlibat dalam respons tanaman terhadap sinyal lingkungan, termasuk cahaya, stres, dan ketersediaan nutrisi, serta berperan dalam transisi dari etioplas menjadi kloroplas (Cortleven & Schmölling, 2015). Sebagai hormon yang bekerja pada pembelahan sel, sitokinin mendorong pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dan memengaruhi perkembangan organ seperti daun, bunga, buah, tunas, dan akar. Selain itu, sitokinin

juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dan penyakit (Nasution & Handayani, 2022).

Zat pengatur tumbuh sintetis memiliki aktivitas biologis yang serupa dengan hormon alami pada tanaman. Salah satu contohnya adalah giberelin, yang mempunyai peran penting dalam proses pembelahan dan pembesaran sel (Mulyani, Khairani & Susilawati, 2020). Giberelin bekerja sinergis dengan auksin dalam mengatur perkembangan embrio dan proses perkecambahan. Hormon ini juga berfungsi dalam merangsang pembentukan buah partenokarpi pada fase pembungaan, yang menghasilkan buah dengan sedikit atau tanpa biji. Dalam bidang bioteknologi tanaman, giberelin memiliki berbagai manfaat, antara lain meningkatkan regenerasi tunas secara *in vitro*, mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan biomassa, dan memperpanjang sel xilem (Arnanto *et al.*, 2024). Selain itu, giberelin berperan dalam memicu pemanjangan batang melalui mekanisme hiperelongasi, yaitu pemanjangan ruas batang secara signifikan (Ghosh & Halder, 2018). Giberelin juga membantu pertumbuhan awal buah setelah penyerbukan, terutama jika peran auksin tidak optimal. Respon tanaman terhadap giberelin umumnya berupa peningkatan pembelahan dan pembesaran sel, serta pertumbuhan ukuran daun pada beberapa spesies tanaman (Wicaksono *et al.*, 2016).

Pada tingkat biokimia, tanaman merespons kondisi kekeringan dengan meningkatkan produksi hormon asam absisat (ABA). Hormon ini berperan dalam mediasi respons stres melalui mekanisme penutupan stomata dan pengaturan ekspresi gen yang berhubungan dengan adaptasi terhadap cekaman kekeringan (Mendrofa *et al.*, 2024). ABA dikenal sebagai salah satu fitohormon utama yang berfungsi sebagai sinyal stres pada tanaman. Hormon ini berperan penting dalam perlindungan tanaman, terutama bagi tanaman darat yang tidak dapat berpindah tempat, dari berbagai tekanan biotik maupun abiotik (Hewage *et al.*, 2020).

Asam traumalin merupakan hormon hipotetik yang diduga merupakan hasil interaksi beberapa hormon seperti giberelin, auksin, dan hormon lainnya. Hormon ini berperan dalam pembentukan kambium gabus yang berfungsi dalam proses penyembuhan luka. Giberelin memengaruhi pembentukan kambium tersebut, sedangkan sitokinin mendukung proses diferensiasi menjadi sel-sel baru yang membentuk jaringan penutup luka atau kalus (Khairuna, 2019).

Enzim memiliki peran penting dalam mendukung seluruh proses metabolisme tanaman, termasuk pada fase pertumbuhan dan perkembangan. Enzim berfungsi sebagai katalisator biologis yang mempercepat reaksi kimia tanpa mengubah hasilnya secara permanen. Peran utama enzim dalam tanaman adalah memperlancar reaksi biokimia yang berkaitan dengan pembentukan energi, sintesis senyawa organik, dan degradasi senyawa kompleks dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana yang dapat digunakan dalam proses fisiologis (Hartati *et al.*, 2021).

Salah satu kelompok enzim yang berperan dalam pertumbuhan tanaman adalah enzim hidrolase, yang membantu proses hidrolisis pada cadangan makanan selama perkecambahan biji. Enzim seperti amilase, protease, dan lipase memecah pati, protein, serta lemak menjadi glukosa, asam amino dan asam lemak yang menjadi sumber energi bagi pertumbuhan awal tanaman (Lestari & Nuraini, 2020). Selain itu, enzim nitrat reduktase dan nitrit reduktase berperan dalam proses asimilasi nitrogen, yang penting dalam pembentukan protein dan asam nukleat, sehingga memengaruhi pembelahan dan pembesaran sel (Sari & Rahmawati, 2022).

3. Klorofil

Klorofil merupakan pigmen utama yang paling banyak ditemukan dalam jaringan tanaman dan memiliki fungsi esensial dalam mempertahankan kelangsungan hidup tanaman. Pigmen ini memiliki peran penting pada proses fotosintesis dengan mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi kimia tanaman apa yang bisa dimanfaatkan. Dalam proses fotosintesis, klorofil bekerja bersama molekul lain untuk menyerap energi cahaya yang kemudian dikonversi menjadi adenosin trifosfat (ATP) dan nikotinamida tereduksi adenin dinukleotida fosfat (NADPH). Kedua senyawa ini digunakan di dalam stroma kloroplas untuk mensintesis karbohidrat dari karbon dioksida dan air. Kloroplas yang mengandung klorofil banyak ditemukan pada sel-sel mesofil daun, yang berperan sebagai pusat aktivitas fotosintesis (Dharmadewi, 2020).

Selain berfungsi sebagai pigmen penangkap cahaya, klorofil juga menjadi indikator penting dalam menilai kesehatan fisiologis tanaman, kapasitas fotosintesis, serta status pertumbuhannya secara keseluruhan (Ardiansyah *et al.*, 2022). Konsentrasi klorofil pada daun dapat mencerminkan tingkat ketersediaan unsur hara dan kondisi fisiologis tanaman, sehingga dapat digunakan sebagai acuan

dalam menentukan kebutuhan pemupukan (Putri *et al.*, 2016). Kadar klorofil juga berperan sebagai indikator toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik, seperti kekeringan, karena biosintesis klorofil berkaitan erat dengan aktivitas fotosintesis yang sensitif terhadap ketersediaan air (Nio *et al.*, 2019).

Nazimah *et al.* (2023) melaporkan bahwa penggunaan media tanam berbasis tanah dan arang sekam pada varietas Nauli mampu menghasilkan kadar klorofil yang tinggi, yaitu sebesar 47,61 ccl. Kondisi ini berkontribusi terhadap peningkatan tinggi tanaman pakcoy hingga 16,20 cm dan jumlah daun 10,74 helai per tanaman. Semakin tinggi kandungan klorofil, proses fotosintesis berlangsung lebih cepat dan efisien, menghasilkan energi yang lebih besar bagi tanaman (Marginingsih *et al.*, 2018).

Penelitian Ulfa *et al.* (2022) menunjukkan bahwa media sekam bakar mampu menghasilkan kadar klorofil total sebesar $142,76 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ tanpa perlakuan pupuk, lebih tinggi dibandingkan media tanah, rockwool, dan cocopeat. Selain itu, media sekam bakar juga meningkatkan kandungan flavonoid (103,89 ppm), vitamin C (432,26 ppm), serta serat kasar (0,87%). Hasil serupa dilaporkan oleh Mantja *et al.* (2024), bahwa kombinasi biochar sekam padi (2:1) dan POC kirinyuh $20 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ menghasilkan kadar klorofil total tertinggi sebesar $404,47 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$. Sementara itu, Rananda (2022) menemukan bahwa media tanam tanah:kompos (2:1) dengan pencahayaan melalui plastik merah mampu meningkatkan kadar klorofil total hingga $245,20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$.

Fotosintesis dapat berlangsung optimal ketika pigmen klorofil dapat secara efisien menggunakan energi matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen (Nurjanah *et al.*, 2022). Wahyuni *et al.* (2023) melaporkan bahwa tanaman pakcoy dengan kandungan kadar klorofil total $15,81 \text{ mg L}^{-1}$ menghasilkan jumlah daun hingga 15,80, lebar daun 5,44 cm, panjang daun 10,68 cm, berat basah akar 12,60 g, dan berat kering akar 0,40 g per tanaman. Sementara itu, penelitian Supriyanto *et al.* (2023) menyebutkan bahwa kadar klorofil sebesar $13,53 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ berkorelasi positif terhadap produktivitas tinggi tanaman, yakni tinggi tanaman 26,17 cm, jumlah daun 30,67 helai, luas daun $1.929,43 \text{ cm}^2$, dan berat segar 467,97 g per tanaman.

Faktor lingkungan seperti suhu ekstrem, baik terlalu tinggi maupun rendah, dapat menghambat proses fotosintesis dan menurunkan kadar klorofil daun. Selain itu, intensitas cahaya berpengaruh signifikan terhadap jumlah klorofil; kekurangan cahaya menyebabkan daun tampak pucat dan mengurangi efisiensi fotosintesis (Maftukhah *et al.*, 2023).

4. Stomata

Stomata merupakan struktur mikroskopis yang memiliki peran esensial dalam berbagai proses fisiologis tumbuhan, terutama fotosintesis dan transpirasi. Struktur ini umumnya terdapat pada permukaan daun, namun juga dapat ditemukan pada batang dan rhizoma, meskipun jumlahnya lebih sedikit (Perkasa *et al.*, 2017). Stomata terbentuk dari diferensiasi sel epidermis yang berkembang menjadi dua sel penjaga berbentuk ginjal, membentuk celah atau pori yang berfungsi sebagai jalur pertukaran gas antara jaringan internal tumbuhan dan lingkungan eksternal (Eipepa *et al.*, 2023). Stomata tidak dijumpai pada akar dan organ tumbuhan parasit yang tidak memiliki klorofil karena tidak terlibat langsung dalam proses pertukaran gas (Eipepa *et al.*, 2023).

Keberadaan dan morfologi stomata berpengaruh langsung terhadap proses fisiologis utama tanaman. Menurut penelitian Hasana *et al.* (2022), tanaman pakcoy memiliki panjang stomata mencapai 38,46 μm dan lebar 17,44 μm . Ukuran stomata yang lebih besar memungkinkan peningkatan laju transpirasi dan penyerapan unsur hara, yang pada akhirnya dapat mempercepat proses fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif tanaman (Clarah *et al.*, 2017). Selain itu, kepadatan stomata memiliki hubungan positif yang signifikan dengan karakteristik morfologi tanaman, seperti tinggi, jumlah daun, dan luas daun. Hasil penelitian Saporso *et al.* (2025) menunjukkan bahwa tanaman pakcoy dengan kerapatan stomata 49,25 unit/ mm^2 dan bukaan stomata 1,46 μm mampu mencapai tinggi tanaman 17,66 cm, jumlah daun 11,86 dan luas daun 547,2 cm^2 , serta berat segar 109,4 gram per tanaman. Lebih jelas bentuk stomata tanaman pakcoy disajikan dalam Gambar 2.6. sebagai berikut.



Gambar 2.6. Bentuk Stomata Tanaman Pakcoy

Sumber: Dokumentasi Nurdiah Hasana, Sarno dan Laila Hanum (2022)

Secara fisiologis, stomata berfungsi sebagai pintu utama bagi pertukaran gas seperti karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), dan uap air (H_2O) selama proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi (Perkasa *et al.*, 2017). Perubahan tekanan turgor pada sel penjaga mengatur pembukaan dan penutupan stomata. Cahaya matahari memicu penyerapan ion kalium (K^+) dan air oleh sel penjaga, sehingga menyebabkan pori stomata terbuka (Mahanani, 2020). Sebaliknya, pada kondisi gelap atau kekurangan air, tekanan turgor menurun dan pori stomata menutup untuk mengurangi kehilangan air.

Selain dipengaruhi oleh cahaya, mekanisme kerja stomata juga bergantung pada faktor internal seperti distribusi, kerapatan, dan luas permukaannya. Distribusi stomata menunjukkan jumlah stomata dalam suatu satuan luas jaringan epidermis yang diamati (Primawati & Daningsih, 2022). Ketika sel penjaga dalam keadaan turgid, pori stomata terbuka, sedangkan pada kondisi flaksid, pori akan menutup (Bestari & Riawan, 2020). Selain berkontribusi dalam fotosintesis dan transpirasi, stomata juga berfungsi menjaga keseimbangan suhu internal tanaman melalui pengaturan penguapan air (Kostaki *et al.*, 2020).

2.6.2. Faktor Eksternal

1. Nutrisi

Nutrisi merupakan komponen esensial yang berperan sebagai sumber energi dan bahan penyusun utama dalam berbagai proses metabolisme tanaman. Ketersediaan dan keseimbangan unsur hara sangat menentukan kualitas serta kuantitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Safrimawan (2019), selama masa pertumbuhan, tanaman memerlukan suplai nutrisi yang cukup agar dapat tumbuh secara optimal. Unsur hara tidak secara langsung terlibat dalam proses fotosintesis, namun memiliki peranan penting dalam membantu aktivitas

fisiologis tanaman, seperti pembelahan sel dan pembentukan jaringan baru dan sintesis senyawa organik yang berperan dalam metabolisme energi.

Tumbuhan memperoleh nutrisi terutama dalam bentuk air dan nutrisi mineral yang terlarut di dalamnya. Air berfungsi sebagai pelarut bagi unsur hara serta berperan dalam transportasi zat melalui sistem pembuluh xilem menuju bagian-bagian tanaman yang membutuhkan (Safrimawan, 2019). Ketersediaan nutrisi yang memadai akan meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman, sedangkan kekurangan salah satu unsur hara dapat menyebabkan gangguan fisiologis yang berdampak pada penurunan pertumbuhan vegetatif maupun produktivitas tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Yunita *et al.* (2017) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik cair D.I. Grow (POC) mampu meningkatkan produktivitas tanaman sawi manis, menghasilkan jumlah daun rata-rata 12,47 helai per tanaman. Peningkatan tersebut disebabkan oleh ketersediaan nutrisi yang mendukung pembentukan daun melalui mekanisme penyerapan unsur hara dari akar menuju sistem pembuluh xilem. Selain itu, berat tanaman yang dihasilkan juga cukup tinggi, yaitu 198,50 gram per tanaman, 3.675,00 gram per plot, dan 39,70 ton per hektar.

Efektivitas POC D.I. Grow untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman disebabkan oleh kandungan berbagai mikroorganisme dan nutrisi penting yang terkandung di dalamnya. Pupuk ini mengandung bakteri probiotik unggul, seperti bakteri pengikat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, jamur fermentasi, jamur pengendali hama, bakteri fotosintetik, dan mikoriza, yang berperan penting dalam meningkatkan penyerapan nutrisi, dan efisiensi metabolisme tanaman. Kombinasi unsur hara dan mikroba berfungsi memperbaiki struktur tanah, meningkatkan ketersediaan nutrisi, dan mendorong aktivitas fisiologis tanaman secara keseluruhan menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas yang lebih baik (Yunita *et al.*, 2017).

2. Cahaya Matahari

Sinar matahari adalah faktor lingkungan yang memainkan peran penting dalam mendukung proses fisiologis tumbuhan, khususnya fotosintesis. Energi cahaya yang diserap oleh pigmen klorofil digunakan untuk mengubah karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) menjadi karbohidrat, yang berfungsi sebagai sumber

energi utama. bagi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, intensitas dan durasi penyinaran berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, perkembangan, serta produktivitas tanaman (Hippy *et al.*, 2023).

Intensitas cahaya matahari mengacu pada jumlah energi cahaya yang diterima permukaan daun tumbuhan dalam satuan waktu tertentu. Ketersediaan cahaya yang cukup diperlukan secara berkelanjutan untuk mendukung pembentukan senyawa organik melalui proses fotosintesis (Zannah *et al.*, 2023). Tanaman pakcoy umumnya membutuhkan penyinaran selama 10 hingga 12 jam per hari untuk mencapai pertumbuhan optimal. Kekurangan intensitas cahaya dapat menyebabkan batang tanaman tumbuh memanjang (etiolasi), daun berukuran kecil, serta warna daun menjadi lebih pucat akibat berkurangnya kandungan klorofil (Maskhuri *et al.*, 2022).

Penelitian Lathifah & Jazilah (2018) menunjukkan bahwa perlakuan intensitas cahaya 100% memberikan hasil terbaik untuk pertumbuhan tanaman sawi putih, dengan tinggi tanaman mencapai 22,01 cm, panjang akar 61,13 cm, jumlah akar 39,78 buah, berat tanpa akar 361,16 gram, jumlah daun 22,11 helai, luas daun 211,25 cm², berat basah tanaman 400,98 gram, dan berat kering 18,51 gram per tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang tinggi meningkatkan efisiensi fotosintesis, sehingga mendukung akumulasi biomassa dan pertumbuhan organ vegetatif.

Selain berfungsi sebagai sumber energi utama, sinar matahari juga berperan dalam mengatur morfologi dan fisiologi tanaman. Kekurangan cahaya dapat memicu tanaman melakukan adaptasi seperti perubahan arah pertumbuhan, peningkatan panjang batang, atau pembentukan daun yang lebih tipis guna memaksimalkan penyerapan cahaya (Andini & Yuliani, 2020). Penelitian Susanti *et al.* (2025) melaporkan bahwa peningkatan intensitas cahaya secara bertahap dapat memperbesar ukuran daun, meningkatkan jumlah daun, serta mempertebal jaringan batang tanaman puring.

Tanaman pakcoy memerlukan kondisi lingkungan yang mendukung agar dapat tumbuh secara optimal, termasuk intensitas cahaya yang memadai. Menurut Liferdi & Cahyo (2016), pertumbuhan pakcoy berlangsung baik pada suhu antara 16°C dan 30°C, curah hujan tahunan 1.000 hingga 1.500 mm, kelembapan udara

80–90%, serta lama penyinaran matahari selama 10–12 jam per hari. Kombinasi antara intensitas cahaya yang sesuai dan ketersediaan nutrisi yang cukup akan menghasilkan proses fotosintesis yang efisien, sehingga berdampak positif terhadap pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman pakcoy.

3. Air dan Kelembaban

Air dan kelembaban adalah faktor lingkungan yang memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Air merupakan kebutuhan primer bagi seluruh makhluk hidup, termasuk tanaman, karena berfungsi sebagai medium terjadinya berbagai reaksi biokimia dalam tubuh tanaman. Kelembaban udara turut memengaruhi kapasitas penyerapan air oleh tanaman serta berperan dalam mengurangi laju evaporasi. Kondisi kelembaban yang optimal dapat meningkatkan proses pemanjangan (elongasi) sel, menjaga turgor, serta mempertahankan bentuk dan stabilitas morfologi sel (Sufardi, 2020).

Air memiliki fungsi fisiologis yang sangat vital, di antaranya sebagai komponen utama jaringan tanaman yang aktif secara fisiologis, reagen dalam proses fotosintesis dan reaksi hidrolisis seperti pencernaan pati, serta sebagai pelarut bagi garam, gula, dan senyawa terlarut lainnya yang berpindah antar sel dan organ tanaman (Fatimah *et al.*, 2022). Selain itu, air memainkan peran penting dalam proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi yang berkontribusi terhadap pembentukan senyawa kompleks, antara lain karbohidrat, protein, dan lemak. Air juga membantu menstabilkan suhu tanaman serta berperan dalam pembentukan protoplasma melalui penyerapan oleh akar yang kemudian mendukung peningkatan biomassa tanaman (Trimayora & Fuadiyah, 2021).

Ketersediaan air yang cukup memengaruhi efisiensi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Nutrisi diserap dalam bentuk ion terlarut dalam larutan tanah, baik kation maupun anion (Wahyuni & Anshar, 2024). Kekurangan air dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan, daun-daun menguning, tanaman menjadi kerdil, dan ini bahkan dapat menyebabkan kematian. Sebaliknya, kelebihan air berpotensi menimbulkan pembusukan akar akibat kondisi anaerob di sekitar perakaran yang mengganggu metabolisme tanaman. Oleh karena itu, penyiraman yang dilakukan secara berlebihan tanpa memperhitungkan kebutuhan tanaman menyebabkan pemborosan air dan penurunan efisiensi penyerapan (Enjelina, 2021).

Penelitian Nugroho & Setiawan (2022) menunjukkan bahwa penyiraman setiap dua hari sekali dengan volume air 620 ml (F1V1) menghasilkan pertumbuhan terbaik dibandingkan perlakuan lain. Perlakuan tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter tinggi tanaman (16,52 cm), berat daun (2,67 g), jumlah daun rata-rata (5,3 helai), dan berat basah tajuk (7,87 g). Hasil ini menegaskan bahwa ketersediaan air sangat penting dalam mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, penyerapan unsur hara, dan pembentukan jaringan tanaman.

Kelembaban udara juga berperan penting dalam proses fisiologis pada tanaman, seperti respirasi, penyerapan, dan translokasi nutrisi ke seluruh bagian tanaman (Irawan *et al.*, 2023). Peningkatan kelembapan di sekitar daun dapat menurunkan perbedaan tekanan uap air antara permukaan daun dan udara, sehingga menurunkan laju transpirasi. Penurunan transpirasi ini berdampak pada berkurangnya penyerapan udara dan unsur hara oleh akar yang pada akhirnya dapat menurunkan laju fotosintesis dan translokasi produk fotosintat (Khoiriyah *et al.*, 2023). Kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan stres air, menghambat penyerapan nutrisi, dan memperlambat pertumbuhan, sedangkan kelembapan yang terlalu tinggi meningkatkan risiko serangan hama dan pertumbuhan mikroorganisme patogen di sekitar tanaman (Ramadhanti *et al.*, 2023). Penelitian Ramadhani *et al.* (2020) melaporkan bahwa tanaman pakcoy tumbuh optimal pada suhu 27–31°C dengan tingkat kelembapan lingkungan antara 62% hingga 84%.

Ketersediaan air dan kelembaban yang seimbang sangat penting dalam menjaga proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, transpirasi dan respirasi. Kekurangan air secara umum menyebabkan tanaman tumbuh tidak normal, berukuran kecil, dan mengalami gangguan fisiologis, morfologis, biokimia, serta anatomi. Menurut Cahyani *et al.* (2016), kekurangan air dapat menghambat sintesis protein dan pembentukan dinding sel. Selain itu, kekurangan air menyebabkan stomata menutup sehingga menghambat difusi CO₂ ke dalam daun yang pada akhirnya menurunkan aktivitas fotosintesis tanaman.

4. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam mengatur berbagai proses fisiologis pada tumbuhan. Suhu yang sesuai akan menunjang

aktivitas metabolisme, sedangkan suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan kualitas hasil panen. Suhu berpengaruh langsung terhadap laju reaksi enzimatik yang terlibat dalam metabolisme, sehingga perubahan kecil pada suhu lingkungan dapat berdampak signifikan terhadap proses pertumbuhan tanaman (Nugraha *et al.*, 2023).

Tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) umumnya tumbuh di daerah dataran rendah dengan suhu ideal berkisar antara 19°C hingga 21°C. Dalam kisaran suhu ini, tanaman mampu melakukan proses fisiologis secara efisien, termasuk pembelahan sel, perkecambah, pertunas, pembunga, dan pemanjangan daun. Suhu udara yang terlalu tinggi dapat meningkatkan laju respirasi hingga melebihi laju fotosintesis, sehingga energi hasil fotosintesis banyak terpakai untuk mempertahankan keseimbangan fisiologis, bukan untuk pertumbuhan (Krisna *et al.*, 2017).

Selain faktor suhu, kondisi media tanam juga memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakcoy. Damayanti *et al.* (2019) melaporkan bahwa pertumbuhan optimal tanaman pakcoy terjadi pada suhu siang hari antara 26°C–32°C dan suhu malam hari 25°C–28°C dengan penggunaan media tanam campuran tanah dan arang sekam. Kombinasi kondisi suhu yang sesuai dan media tanam yang mendukung menghasilkan serapan nitrogen (N) hingga 2,72 gram per tanaman, jumlah daun 17,3 helai per polybag, berat segar tajuk 767 gram per tanaman, berat segar akar 62,6 gram per tanaman, berat kering pucuk 68 gram per tanaman, dan berat kering akar 4,53 gram per tanaman.

Kondisi suhu yang ekstrem dan kelembapan yang tidak stabil dapat menyebabkan peningkatan laju transpirasi yang berlebihan. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan air dalam jaringan tanaman dan mengurangi efisiensi fotosintesis, sehingga pertumbuhan serta hasil tanaman menjadi tidak optimal (Krisna *et al.*, 2017). Dengan demikian, pengelolaan suhu lingkungan dan pemilihan media tanam yang sesuai merupakan faktor penting dalam upaya mencapai pertumbuhan optimal tanaman pakcoy.

5. Kondisi Media tanam

Media tanam merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Media tanam berfungsi

sebagai tempat berdirinya tanaman, sekaligus penyedia air, udara, dan unsur hara dibutuhkan untuk menunjang proses fisiologis tanaman. Media yang ideal untuk pertumbuhan tanaman pakcooy adalah media yang kaya bahan organik, berstruktur gembur, serta mampu menampung air dan udara dalam jumlah yang seimbang. Struktur media yang baik memungkinkan perkembangan root secara optimal serta meminimalkan risiko pembusukan akibat genangan air

Derajat keasaman (pH) tanah merupakan faktor lain yang memengaruhi ketersediaan nutrisi dalam media tanam. Tanaman pakcooy tumbuh optimal pada media dengan pH netral hingga sedikit asam, yaitu berkisar antara 6,0 hingga 7,0. Pada kisaran pH tersebut unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) berada dalam bentuk yang mudah diserap oleh akar tanaman. Di sisi lain, pH yang sangat rendah (asam) dapat meningkatkan kelarutan unsur-unsur beracun seperti aluminium (Al) dan besi (Fe), sedangkan pH yang sangat tinggi (alkali) dapat menyebabkan pengikatan unsur-unsur jejak, seperti seng (Zn) dan mangan (Mn), sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Nugraha *et al.*, 2023).

2.7. Media Tanam

2.7.1. Tanah Grumusol

Tanah grumusol merupakan jenis tanah mineral yang memiliki tekstur lempung berat dengan struktur granular pada lapisan permukaan dan gumpal hingga padat pada lapisan bawah. Tanah ini bersifat sangat plastis serta lekat ketika basah, namun menjadi keras dan mudah retak saat kering. Grumusol termasuk tanah yang umumnya bersifat alkalis, memiliki kejenuhan basa tinggi, kapasitas tukar kation (KTK) yang besar, serta permeabilitas air yang relatif lambat. Meskipun kemampuan menyerap airnya tinggi, kemampuan tanah ini dalam menyimpan air yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergolong rendah (Prasetyo *et al.*, 2018).

Secara mineralogi, tanah grumusol didominasi oleh mineral liat montmorillonite suatu mineral silikat tipe 2:1, yang memiliki kemampuan untuk mengembang saat basah dan menyusut saat kering. Sifat ini menyebabkan tanah grumusol menjadi sangat lengket pada musim hujan dan mengeras membentuk retakan yang dapat mencapai kedalaman hingga satu meter pada musim kemarau. Ciri fisik lainnya yaitu warna abu-abu kehitaman, dengan kandungan bahan organik yang relatif tinggi dan tingkat kesuburan yang baik. Tanah grumusol banyak

dijumpai di beberapa wilayah Indonesia, seperti Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan (Marjuki *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Hanafi, Julianto, dan Peniwiratri (2023) menunjukkan bahwa tanah grumusol memiliki pH H₂O sebesar 7,81, kandungan nitrogen total 0,66%, nitrogen tersedia 52,66 ppm, karbon organik 4,08%, serta kapasitas tukar kation (KTK) sebesar 33,43 me/100 gram. Tanah dengan karakteristik tersebut mampu menghasilkan pertumbuhan tanaman pakcoy yang baik, dengan tinggi tanaman 14,30 cm, berat basah 4,40 gram/tanaman, berat kering 0,33 gram/tanaman, kandungan nitrogen jaringan 0,32%, dan serapan nitrogen sebesar 0,11 gram/tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa grumusol memiliki produktivitas lebih baik dibandingkan tanah regosol, karena tingginya kandungan makronutrien seperti karbon (C) dan nitrogen (N) sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan pembentukan biomassa (Yulina *et al.*, 2021).

Menurut Subagyo (2017), tanah grumusol umumnya memiliki kandungan bahan organik sebesar 1,94%, pH H₂O 6,29, nitrogen total 0,04%, fosfor tersedia 28 ppm, dan kalium tersedia 115 ppm. Komposisi mineral tanah ini sangat dipengaruhi oleh jenis batuan induk serta kondisi lingkungan selama proses pembentukan tanah berlangsung. Semua tipe grumusol memiliki fraksi liat yang seragam, didominasi oleh mineral smektit. Kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang relatif tinggi juga menjadi ciri khas grumusol. Namun, kadar kalsium yang berasosiasi dengan kapur perlu diperhatikan karena berpotensi menimbulkan efek toksik terhadap tanaman apabila kadarnya berlebihan (Hia *et al.*, 2019).

2.7.2. Sekam Bakar

Sekam padi adalah produk sampingan dari pengolahan beras yang telah banyak digunakan tidak hanya sebagai bahan bakar alternatif, namun juga sebagai bahan pembenah tanah dan media tanam dalam kegiatan budidaya tanaman. Pemanfaatan sekam dalam bidang pertanian berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta mendukung pertumbuhan tanaman pada berbagai jenis media tanam (Agus *et al.*, 2022). Sekam padi dapat digunakan dalam bentuk sekam mentah maupun sekam bakar (arang sekam), yang keduanya memiliki tingkat porositas relatif serupa. Dalam media tanam, sekam berfungsi

memperbaiki aerasi dan drainase tanah, sehingga sistem perakaran tanaman dapat berkembang dengan optimal. Arang sekam secara khusus berperan sebagai pengikat air yang baik, membantu menjaga ketersediaan air dalam tanah, serta memperbaiki sifat fisik tanah (Rahmah & Febriyono, 2021).

Hasil penelitian Efriyadi (2018) menunjukkan bahwa media tanam sekam bakar menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas pakcoy tertinggi dibandingkan dengan media tanam kapas dan rockwool. Tanaman pakcoy yang ditanam pada media sekam bakar dapat mencapai tinggi 18,6 cm, jumlah daun 8 per tanaman, dan berat segar 53 gram per tanaman. Penelitian dari Mujiono *et al.*, (2021) mengungkapkan bahwa kombinasi tanah dan sekam padi sebagai substrat tanam dengan rasio 2:1 menghasilkan pertumbuhan pakcoy yang optimal, dengan tinggi tanaman 21,93 cm, panjang daun 12,41 cm, jumlah daun 14,12 helai per tanaman, dan kandungan klorofil daun sebesar 32,81 unit. Hubungan positif antara tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan bahwa penambahan tinggi batang sejalan dengan peningkatan jumlah nodus tempat tumbuhnya daun baru, sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman semakin meningkat.

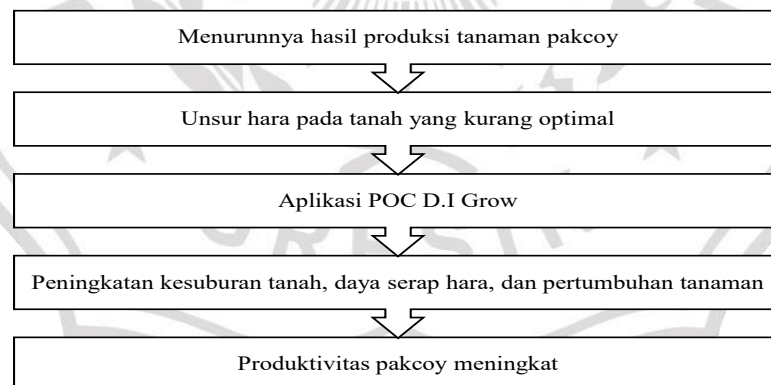
Penambahan arang sekam ke dalam media tanam juga memberikan manfaat biologis, karena kandungan silikat (Si) di dalamnya dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada serangan hama dan patogen tanah (Listiana *et al.*, 2021). Arang sekam memiliki kandungan silika tinggi, yakni sebesar 16,98%, yang berperan dalam memperbaiki struktur biologi tanah agar tetap gembur melalui aktivitas organisme tanah seperti bakteri akar dan cacing tanah (Novianti *et al.*, 2022).

Secara kimia arang sekam mengandung berbagai nutrisi penting yaitu nitrogen (N) 0,32%, fosfat (P_2O_5) 0,15%, kalium (K_2O) 0,31%, kalsium (Ca) 0,96%, besi (Fe) 180 ppm, seng (Zn) 14,10 ppm, dan mangan (Mn) 0,4 ppm, dengan pH berkisar antara 8,5 hingga 9,0 (Listiana *et al.*, 2021). Sifat fisiknya yang ringan (berat jenis $\pm 0,2$ kg/L), tekstur kasar, dan porositas tinggi mendukung sirkulasi udara yang baik di zona perakaran, meskipun daya serap airnya tergolong rendah. Kandungan nitrogen dalam arang sekam padi memainkan peran penting dalam sintesis asam amino dan protein, yang merupakan komponen utama dalam pembentukan protoplasma, kloroplas, serta jaringan tanaman lainnya. Hal ini

mendukung pembentukan sel baru serta perkembangan jaringan tanaman secara optimal (Purba *et al.*, 2021).

2.8. Kerangka Pemikiran

Tanaman pakcoy dapat ditanam dalam berbagai kondisi agroekosistem, baik di daerah dataran rendah maupun dataran tinggi. Sayuran jenis ini merupakan komoditas hortikultura yang mempunyai permintaan tinggi di kalangan masyarakat. Namun praktik budidaya yang dilakukan petani pada umumnya masih bergantung pada penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus tanpa penambahan bahan organik dapat menyebabkan penurunan kandungan nutrisi dalam tanah. Pupuk organik cair D.I. Grow (POC) mengandung beberapa senyawa penting, seperti asam humat dan asam alginat, makronutrien dan mikronutrien (N, P, K, Mg, S, Cl, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Pb, Cd, Co, As dan Mo), 17 jenis asam amino (termasuk asam aspartat, asam glutamat, serin, glisin, histidin, arginin, treonin, alanin, prolin, tirosin, valin, metionin, sistin, isoleusin, leusin, fenilalanin dan lisin), serta hormon atau pengatur pertumbuhan, seperti giberelin, auksin, dan sitokinin. Selain itu POC ini juga berfungsi sebagai pembenah tanah karena mengandung asam humat, asam alginat, dan asam fulvat. Hal tersebut dapat dilihat dari bagan Gambar 2.7. sebagai berikut.



Gambar 2.7. Bagan Kerangka Pemikiran

2.9. Penelitian Terdahulu dan Artikel Pendukung Penelitian

2.9.1. Penelitian Terdahulu

2.9.1.1. Konsentrasi POC D.I. Grow

1. Kaharuddin, Hambali & Parawansa, (2023). Hasil menunjukkan, berat segar tertinggi diperoleh pada perlakuan 12 mL dan 12 ton ha⁻¹, yaitu sebesar 18 ton ha⁻¹.
2. Helilusiatiningsih, Subkhi & Pebriana, (2023). Hasil penelitian menunjukkan, perlakuan terbaik adalah D3V2 yaitu pemberian pupuk organik cair konsentrasi 7,5 ml/L air dan varietas Claulaflower Spring 46 pada variabel pengamatan generatif yaitu tinggi bunga 18,27 cm/tanaman, diameter bunga 27 cm/tanaman dan berat bunga 342 gram/tanaman.
3. Yunita, Hutapea & Rahman, (2017). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan konsentrasi 5 cc/L pupuk organik cair D.I Grow Hijau mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun 12,4 helai/tanaman, tinggi tanaman 40,82/tanaman dan produktivitas tanaman sawi manis 198,50 gram/tanaman.
4. Mahendra, Wiswanta & Ariati, (2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk cair yang cocok digunakan pada tanaman sawi di media hidroponik adalah 3 ml/L karena mempunyai berat segar paling tinggi pada pangkal tanaman yaitu 37,78 gram/tanaman yang menunjukkan pertumbuhan tanaman maksimal. Hal ini terlihat dari pemberian pupuk D.I Grow 3 ml/L pada tinggi tanaman 25,63 cm/tanaman, jumlah daun 5,75 helai/tanaman, berat segar diatas 37,78 gram/tanaman dan dibawah pangkal tanaman 3,43 gram/tanaman.

2.9.1.2. Frekuensi POC D.I Grow

1. Khoiriyah & Nugroho, (2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC dengan konsentrasi 5 ml/L sebanyak dua kali menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas tertinggi, yaitu berat segar konsumsi mencapai 16,5 ton/ha, atau meningkat sebesar 70,87% dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang hanya mencapai 9,92 ton/ha.

2.9.2. Artikel Pendukung

2.9.2.1. Konsentrasi

1. Irawan, Zulfita & Harianti, (2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk organik cair terbaik dalam budidaya tanaman sawi hijau

adalah 15 ml/L dengan volume akar 2,60 cm²/tanaman, berat kering tanaman 4,76 gram/tanaman, berat segar 99,56 gram/tanaman, dan jumlah rata-rata daun 10,93/tanaman.

2. Ibrahim, Daru & Huda, (2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa POC sebesar 8% dengan frekuensi Pemupukan setiap empat hari menghasilkan hasil optimal pada hari ke-28, dengan tinggi tanaman 26 cm, 14 daun per tanaman, lingkaran batang 25,8 cm per tanaman, dan berat bersih 52 gram per tanaman. Namun, pertumbuhan lebar daun tertinggi pada hari ke-28 dicapai dengan perlakuan konsentrasi 4% dengan interval pemupukan yang sama, yaitu mencapai 14 cm/tanaman.
3. Pangaribuan, Widagdo, Ginting, Saputri & Fathulloh, (2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian 25% POC rumput laut sebagai pengganti sebagian nutrisi AB Mix menghasilkan kualitas pertumbuhan tanaman yang setara dengan penggunaan AB Mix 100%. Hal tersebut terlihat pada parameter pengamatan, yaitu rata-rata panjang daun adalah Tinggi batang 17,26 cm, lebar daun 12,42 cm, jumlah daun 12,50, tingkat kehijauan daun 37,08, jumlah stomata 30,33, berat basah batang dan daun 159,50 g, berat kering batang dan daun 12,00 g, berat basah akar 5,17 g, berat kering akar 0,78 g, dan diameter batang 12,00 mm. Komposisi terbaik diperoleh pada perlakuan gabungan AB Mix 75% dan rumput laut POC 25%, yang menghasilkan berat basah daun dan batang sebesar 159,50 g, yang setara dengan 99,27% dari perlakuan dengan AB Mix 100%.

3.9.2.2. Frekuensi

1. Numba, Robbo & Rahman, (2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis POC 3 ml/liter secara signifikan memengaruhi semua parameter yang diamati, kecuali tinggi tanaman. Empat dosis POC (pada 2, 3, 4, dan 5 minggu setelah tanam) secara signifikan memengaruhi tanaman pada semua parameter percobaan, dengan nilai tinggi tanaman 31,62 cm/tanaman, jumlah daun 13,18 helai/tanaman, dan berat segar tanaman 1921,54 gram/tanaman.
2. Afrida, Nafriisa & Taher, (2023). Hasil menunjukkan Pemberian POC 3 kali (usia 5, 10, dan 15 hst) memberikan pertumbuhan dan produktivitas tertinggi diantaranya, tinggi tanaman 22,85 cm/tanaman, jumlah daun 14,15

helai/tanaman, panjang daun terpanjang 19,92 cm/helai, lebar daun terlebar 7,18 cm/helai, dan berat segar tanaman 52,78 gram/tanaman.

3. Rehatta, Marasabessy & Gea, (2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi aplikasi tiga kali (pada 7, 17, dan 32 HST) memberikan efek terbaik pada pertumbuhan dan hasil tanaman, dengan jumlah daun mencapai 19,88 helai per tanaman, luas daun sebesar 294,61 cm², berat segar 299,08 gram per tanaman, serta berat kering 13,78 gram per tanaman.
4. Nadhira & Berliana, (2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi penyemprotan (C2) dan perlakuan frekuensi pemberian POC selama 7 hari (P2) menunjukkan hasil terbaik untuk variabel tinggi tanaman 121,73 cm/tanaman, jumlah cabang 6,00 cabang/tanaman, jumlah buah per tanaman 35,27 buah/tanaman, produksi buah per petak 11.906 gram/petak, dan persentase buah yang dapat dipasarkan 90,83%.

