

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Klasifikasi tanaman padi (*Oryza sativa* L.)

Klasifikasi tanaman padi menurut United States Department of Agriculture (USDA) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Subclass	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Family	: Gramineae
Genus	: <i>Oryza</i> L.
Species	: <i>Oryza sativa</i> L.

2.1.2 Morfologi tanaman padi (*Oryza sativa* L.)

Morfologi atau bagian-bagian tanaman padi, terdiri dari: akar, daun, batang, bunga, malai dan gabah yang dikutip dari Makarim dan Suhartatik, (2009). diuraikan sebagai berikut .:

a. Akar

Tanaman padi memiliki system perakaran serabut yang terdiri dari dua jenis akar, yaitu akar seminal dan akar adventif sekunder. Akar seminal adalah akar utama yang tumbuh bersama dengan akar lainnya saat berkecambah dan dapat mencapai jumlah 2 sampai 7. Kemudian, akar-akar seminal digantikan oleh akar-akar sekunder yang tumbuh dari bagian bawah batang. Akar-akar sekunder ini juga dikenal sebagai akar adventif atau akar buku. Fungsi utama akar adalah untuk menopang tanaman agar tumbuh tegak serta menyerap air dan nutrisi dari tanah untuk disalurkan ke organ lainnya di atas tanah

b. Daun

Tanaman padi memiliki daun yang tumbuh pada batang dalam susunan bergantian, dengan satu daun pada setiap buku. Daun teratas disebut sebagai daun bendera karena ukurannya dan posisinya yang berbeda dari daun yang lainnya. Setiap daun terdiri dari helaian daun yang melekat pada buku melalui pelepah daun, pelepah daun yang melingkupi ruas di atasnya dan kadang-kadang juga meliputi pelepah daun dan helaian daun ruas berikutnya, telinga daun (*auricle*) yang terletak pada dua sisi pangkal helaian daun, dan lidah daun (*ligula*) berbentuk segitiga tipis yang terletak tepat di atas telinga daun. Tajuk merupakan kumpulan daun yang tersusun secara teratur dengan bentuk, orientasi, dan ukuran tertentu. Varietas-varietas padi memiliki tajuk yang beragam dalam jumlah dan bobotnya.

c. Batang

Batang padi memiliki beberapa ruas yang terbatas oleh buku, dan tunas yang tumbuh pada buku tersebut. Jumlah buku yang ada di batang sama dengan jumlah daun yang ada ditambah dua, satu untuk tumbuhnya koleoptil dan satu lagi menjadi dasar malai. Ruas yang paling Panjang terdapat di bagian atas batang dan panjangnya menurun secara bertahap hingga ke ruas yang terbawah dekat permukaan tanah. Anakan padi tumbuh pada batang utama secara bergantian, dimulai dari buku terbawah dan membentuk anakan sekunder dan tersier.

d. Bunga

Malai merupakan istilah yang digunakan untuk menyebutkan keseluruhan bunga padi. Malai terdiri dari 8-10 buku yang kemudian menghasilkan cabang primer. Setiap cabang primer juga dapat menghasilkan cabang sekunder. Biasanya, buku pangkal malai hanya menghasilkan satu cabang primer, namun dalam situasi tertentu, buku tersebut bisa menghasilkan 2-3 cabang primer. Pada bagian bunga, terdapat enam benang sari dan sebuah putik. Enam benang sari terdiri dari dua kelompok kepala sari yang tumbuh pada tangkai benang sari.

e. Biji /gabah

Bakal buah yang matang dari padi disebut butir biji, yang terdiri dari lemma, palea, lemma steril, dan ekor gabah yang melekat dengan kuat. Jika sekam

telah dihilangkan, butir biji padi disebut beras. Butir biji padi merupakan sebuah kariopsis, yaitu biji tunggal yang tergabung dengan kulit bakal buah matang (kulit ari) untuk membentuk sebuah butir yang menyerupai biji. Komponen utama dari butir biji terdiri dari sekam, kulit beras, endosperm, dan embrio.

2.1.3 Fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi

Pada dasarnya, proses pertumbuhan tanaman padi terbagi menjadi tiga tahap utama, yaitu (1) tahap vegetatif, merupakan tahap awal pertumbuhan hingga pembentukan bakal malai/primordial; (2) tahap generatif atau reproduktif, merupakan tahap primordial hingga pembungaan; (3) tahap pematangan, merupakan tahap pembungaan hingga gabah matang (Yuzugullu dkk., 2017).

Dalam tahap utama pada pertumbuhan padi tersebut, terdiri atas 10 tahap sebagai berikut (Makarim dan Suhartatik, 2009):

1. Tahap 0: Tahap perkecambahan terjadi pada benih yang terus bertumbuh hingga muncul ke permukaan. Biasanya, pengembangan benih dilakukan dengan melakukan perendaman dan inkubasi selama 24 jam.
2. Tahap 1: Tahap pertunasan atau bibit, yang terjadi sejak benih berkecambah, kemudian tumbuh menjadi tanaman muda atau bibit, hingga hampir keluar anakan pertama.
3. Tahap 2: Tahap pembentukan anakan, yang terjadi sejak terbentuknya anakan pertama hingga pembentukan anakan maksimum. Anakan terbentuk dari tunas aksial yang ada pada buku batang dan menggantikan tempat daun serta mengalami pertumbuhan dan perkembangan.
4. Tahap 3: Tahap pemanjangan batang, yakni berlangsung pada tahap akhir pembentukan anakan atau sebelum pembentukan malai. Anakan terus mengalami peningkatan, baik terhadap tinggi maupun jumlahnya.
5. Tahap 4: Tahap pembentukan malai sampai bunting. Saat proses perkembangan malai berlangsung, bulir (spikelets) terlihat, sehingga dapat dibedakan. Ukuran malai muda mengalami peningkatan dan berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera, yang menyebabkan pengembungan pada pelepah daun (bunting).

6. Tahap 5: Tahap *heading* atau tahap munculnya bunga atau malai atau biasa juga disebut dengan tahap keluar malai. Tahap ini ditandai dengan munculnya malai dari pelepah daun bendera dan terus berkembang hingga keluar seutuhnya dari pelepah daun.
7. Tahap 6: Tahap pembungaan (*anthesis*), merupakan tahap yang munculnya diawali dengan proses ketika benangsari bunga yang paling ujung pada tiap cabang malai telah keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan.
8. Tahap 7: Tahap gabah matang susu, yaitu ketika gabah mulai terisi dengan cairan kental berwarna putih susu. Cairan tersebut akan keluar apabila gabah ditekan. Malai berubah warna menjadi hijau dan mulai merunduk. Daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau. Selain itu, pada tahap ini proses pelayuan pada dasar anakan tetap berlanjut.
9. Tahap 8: Tahap *dough grain* (gabah setengah matang). Pada tahap ini, terjadi perubahan pada isi gabah yang menyerupai susu menjadi gumpalan lunak, yang kemudian mengeras. Selain itu, gabah pada malai mulai berubah warna menjadi kuning
10. Tahap 9: Pada tahap ini, gabah telah menjadi matang sepenuhnya. Setiap gabah matang, telah terjadi proses perkembangan secara penuh, menjadi keras, dan berwarna kuning. Selain itu, daun bagian atas mengalami proses pengeringan secara cepat dan sejumlah daun mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman.

2.1.4 Syarat tumbuh tanaman padi

A. Iklim

Pertumbuhan tanaman padi sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim di daerahnya. Iklim yang cocok untuk pertumbuhan padi adalah daerah yang memiliki suhu yang hangat dan kaya akan uap air. Faktor-faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman meliputi curah hujan, suhu, udara, ketinggian tempat, intensitas sinar matahari, arah dan kecepatan angin, serta musim (Hasanah, 2007).

Tanaman padi untuk pertumbuhan yang optimal memerlukan curah hujan rata-rata 200 mm per bulan atau lebih selama 4 bulan berturut-turut. Idealnya,

curah hujan tahunan untuk budidaya padi adalah antara 1.500 hingga 2.000 mm. Tanaman padi dapat tumbuh dengan baik pada suhu minimum 23°C. Meskipun suhu di Indonesia cenderung stabil sepanjang tahun, namun pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman padi tidak begitu terasa (Herawati, 2012).

Tanaman padi idealnya ditanam pada ketinggian 0-1500 mdpl dengan suhu optimal 23°C. Selama musim apapun, budidaya padi sawah memerlukan sinar matahari yang cukup tanpa ada naungan. Ketersediaan air sangat penting untuk tanaman padi, terutama pada musim kemarau, sehingga dapat meningkatkan produksi (Paski, dkk, 2017).

B. Tanah

Tanaman padi sawah sebaiknya ditanam di tanah yang berlempung berat atau di tanah dengan lapisan keras yang terletak 30 cm di bawah permukaan tanah. Kondisi ideal tanah untuk budidaya padi sawah adalah tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18 cm sampai 22 cm dan keasaman tanah sekitar pH 4,0 sampai 7,0. Penggenangan pada tanah padi sawah dapat menyebabkan perubahan pH tanah menjadi netral (Hanum, 2008). Menurut Aryanto (2015), produktivitas tanaman pada tanah asam kurang optimal karena beberapa faktor antara lain pH rendah, keberadaan unsur Al, Fe dan Mn yang bersifat beracun, serta kekurangan unsur hara seperti N, P, Ca, dan Mg.

2.1.5 Budidaya padi *System Rice Intensification* (SRI)

Teknik budidaya padi *System Rice Intensification* (SRI) menggunakan pendekatan pengelolaan tanaman, tanah, dan air untuk meningkatkan produktivitas padi (Sauki, Nugroho, dan Soelistyono, 2014). Pada tahun 1983, Fr. Henri de Laulanie, seorang pastor dan agrikulturis asal Prancis memperkenalkan SRI (*System Rice Intensification*) sebagai metode inovatif untuk budidaya padi di Madagaskar. Laulanie telah bekerja di Madagaskar sejak tahun 1961 dan pada tahun 1993 SRI pertama kali dipublikasikan dalam jurnal *Tropicultura* (Sampoerna, 2009). Pada beberapa lahan sawah di Madagaskar produktivitas padi normalnya menghasilkan 2 t/ha, petani yang menggunakan SRI berhasil memperoleh hasil panen lebih dari 8 t/ha. Ada beberapa petani yang memperoleh 10 sampai 15 t/ha, bahkan mencapai 20 t/ha. Metode SRI menghasilkan panen

minimal dua kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan metode biasa yang digunakan oleh petani. (Mutakin, 2009).

Pada awalnya, SRI hanya dikenal secara lokal dan tidak tersebar secara luas, namun sejak akhir tahun 1990-an, SRI mulai populer di seluruh dunia berkat upaya Prof. Norman Uphoff, mantan direktur *Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development* (CIIFAD). Pada tahun 1999 SRI diuji coba di luar Madagaskar untuk pertama kalinya di China dan Indonesia. Di Indonesia, Prof. Norman Uphoff memperkenalkan SRI pada tahun 1997 di Bogor (Sampoerna, 2009).

Keuntungan dari penerapan sistem budidaya SRI diantaranya adalah: (a) hasil panen meningkat hingga 50% sampai 200%; (b) penggunaan air lebih hemat, dengan penghematan hingga 50% dan produktivitas padi lebih tinggi per volume air; (c) tanah menjadi lebih sehat karena menggunakan pupuk organik; (d) kebutuhan benih lebih sedikit yaitu hanya 5 sampai 10 kg/ha, dibandingkan dengan sistem konvensional yang membutuhkan benih sebanyak 30-45 kg/ha, sehingga petani dapat menghemat pemakaian benih unggul, benih lokal, dan benih hibrida; (e) kebutuhan input lainnya seperti air, pupuk, benih, dan pestisida juga lebih sedikit, dan (f) mutu benih yang lebih baik dapat meningkatkan hasil panen.

Menurut Bakelaar (2001), untuk menerapkan metode SRI, ada 4 komponen utama yang harus dilakukan secara terintegrasi, yaitu: menanam bibit muda (antara 7 sampai 15 hari setelah semai), menanam satu bibit per lubang tanam dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm, dan memastikan kondisi lahan dalam keadaan macak-macak. Selain itu, penting untuk menambahkan bahan organik dan melakukan penyiangan gulma secara teratur agar pertumbuhan tanaman padi lebih optimal. Beberapa kunci elemen dari teknik budidaya padi metode SRI dijelaskan oleh *Association of the System of Rice Intensification* (2012) diantaranya sebagai berikut:

a. Benih muda

Rekomendasi bibit untuk penanaman padi metode SRI adalah bibit muda dengan usia kurang dari 14 hari setelah persemaian dan idealnya antara 8 hari sampai 12 hari. Dalam penanaman bibit muda dengan hati-hati, pertumbuhannya

akan lebih sehat dan menghasilkan lebih banyak anakan yang dapat meningkatkan potensi hasil panen yang lebih tinggi.

b. Penanaman bibit tunggal

Penanaman bibit tunggal harus dilakukan dengan cepat setelah bibit dicabut dari persemaian dan dengan sangat hati-hati menempatkan bibit pada kedalaman yang dangkal (1 sampai 2 cm), bibit harus ditangani dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada akar dan meminimalkan gangguan pada pertumbuhan tanaman selama proses transplantasi. Hal ini dapat membantu menghindari '*shock transplantation*' dan memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal.

c. Peningkatan jarak antar lubang tanam menjadi lebih lebar dalam bentuk persegi

Pada metode SRI, transplantasi harus dilakukan dengan jarak antar barisan dan lubang tanam minimal 25 cm x 25 cm dengan pola persegi. Dalam praktek SRI, kesuburan tanah dapat ditingkatkan melalui eksudasi akar dan penambahan bahan organik ke dalam tanah. Meskipun terdengar bertentangan, mengurangi populasi tanaman hingga 80-90% dapat meningkatkan hasil panen, asalkan praktik SRI lainnya juga diterapkan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah anakan utama yang menghasilkan malai per unit area, peningkatan jumlah gabah per malai, dan biasanya berat gabah yang lebih tinggi.

d. Kondisi tanah aerobik

Penggunaan bibit muda adalah faktor paling penting dalam meningkatkan hasil panen SRI, namun menjaga kelembapan tanah sawah dengan tepat juga sangat berkontribusi. Tanah harus dijaga agar lembap tetapi tidak terus menerus tergenang air agar akar tanaman padi tidak mati dan populasi organisme tanah aerobik lebih banyak dan beragam yang akan bermanfaat bagi tanaman.

e. Aerasi tanah aktif

Menjaga lahan sawah agar tidak selalu tergenang air sehingga membantu meningkatkan aerasi tanah secara pasif, yang memungkinkan proses biologis dapat meningkatkan struktur dan fungsi tanah. SRI mendorong penggunaan tindakan mekanis untuk meningkatkan aerasi tanah. Namun, jika lahan padi tidak

selalu tergenang air, pertumbuhan gulma bisa menjadi masalah yang lebih besar. Oleh karena itu, keberhasilan SRI sangat bergantung pada menjaga kondisi tanah yang sebagian besar aerobik. Untuk meningkatkan sirkulasi udara, dapat dilakukan melalui cara biologis dengan memanfaatkan aktivitas biota tanah.

f. Penggunaan bahan organik

Jika tanah yang digunakan dalam praktik SRI memiliki cukup bahan organik, maka hasilnya akan lebih baik. Menambahkan bahan organik ke dalam tanah dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dalam tanah dan mengubah nutrisi menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman.

2.1.6 Hara mineral tanaman

Tanaman adalah organisme autotrof yang memperoleh kebutuhan hidupnya dari lingkungan sekitarnya, terutama CO₂ di udara dan mineral dari tanah. Kebutuhan nutrisi tumbuhan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu nutrisi organik dan anorganik (mineral). Nutrisi organik sangat penting bagi tumbuhan untuk membentuk senyawa karbon melalui proses fotosintesis. Sementara itu, akar tumbuhan berfungsi menyerap nutrisi mineral yang terlarut dalam bentuk kation dan anion dari tanah (Hopkins, 1995).

Hara mineral yang diperlukan oleh tanaman dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu hara makro dan mikro tergantung pada konsentrasi relatif dalam jaringan tanaman. Konsentrasi rata-rata hara mineral yang terdapat pada jaringan tanaman berbeda-beda dan menunjukkan jumlah kebutuhan yang berbeda pula. Pentingnya ketersediaan hara makro dan mikro terletak pada perbedaan peran dan fungsi dari setiap jenis hara mineral tersebut (Taiz dan Zeiger, 2003).

Elemen hara mineral yang dibutuhkan tanaman dibagi menjadi 2 yaitu hara makro dan hara mikro. Hara makro terdiri dari N (Nitrogen), K (Kalium), Ca (Calcium), P (Fosfor), S (Sulfur), Mg (Magnesium). Hara mikro terdiri dari Cl (Klorin), B (Boron), Mn (Mangan), Zn (Seng), Cu (Tembaga), Mo (Molibdenum), Fe (Besi), Ni (Nikel) (Taiz dan Zeiger, 2003).

2.1.7 Pupuk porasi kotoran kambing

Dalam Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia (Permentan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011), pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa menjadi pupuk yang dapat meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk organik ini dapat berupa pupuk padat atau cair dan dapat diperkaya dengan bahan mineral dan mikroba.

Salah satu cara untuk memanfaatkan bahan organik sebagai sumber nutrisi atau pupuk bagi tanaman adalah dengan menggunakan pupuk organik yang difermentasi (porasi). Porasi terbuat dari bahan organik yang belum matang seperti jerami, kotoran hewan, limbah organik hijau, dan lainnya dengan cara difermentasi oleh mikroba atau mikroorganisme tertentu dengan waktu yang relatif lebih cepat yaitu 2 sampai 3 minggu (Priyadi, 2011).

Penggunaan porasi kotoran kambing berdampak positif terhadap pertumbuhan dan hasil padi. Dengan menggunakan porasi kotoran kambing dapat mengurangi dan menghilangkan penggunaan pupuk anorganik (Hartatik, Husnain, dan Widowati, 2015). Pengurangan penggunaan pupuk anorganik dapat membantu menjaga kesuburan tanah dalam menyediakan hara untuk tanaman.

Komposisi hara dalam pupuk organik sangat bergantung pada asal bahan dasarnya. Pupuk organik dapat diidentifikasi berasal dari kegiatan pertanian atau nonpertanian. Dalam kegiatan pertanian, bahan dasar pupuk organik dapat berupa sisa panen dan kotoran ternak. Sementara itu, dalam non-pertanian, bahan dasar pupuk organik dapat berasal dari sampah organik kota, limbah industri dan sejenisnya (Tan, 2009). Pupuk yang berasal dari produk sampingan atau buangan dari hewan ternak disebut sebagai pupuk kandang (pukan). Pukan dapat meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Beberapa petani di beberapa daerah di Indonesia membedakan pukan menjadi 2 jenis yaitu pukan padat dan pukan cair (Hartatik dan Widowati, 2006).

Pupuk kandang yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk kandang jenis padat. Pupuk kandang padat merupakan kotoran ternak yang berbentuk padat, baik yang belum mengalami proses dekomposisi maupun yang sudah mengalami proses tersebut. Pupuk kandang berfungsi untuk meningkatkan dan mempertahankan kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah (Hartatik dan Widowati, 2006).

Berdasarkan bahan asalnya kandungan hara tiap pupuk kandang berbeda-beda hal ini menunjukkan bahwa pemilihan bahan pupuk kandang yang tepat bagi tanaman sangat diperlukan. Menurut Hartatik dkk (2015), pupuk kandang yang berasal dari kotoran ternak kambing memiliki kandungan hara yang cukup tinggi, yaitu 2 x lipat dari kotoran sapi. Selain itu, menurut Hartatik dan Widowati (2006), pupuk kandang kambing mempunyai tekstur yang khas, berbentuk butiran-butiran yang sukar pecah secara fisik dan mempunyai nilai rasio C/N yang umumnya masih di atas 30. Dari hasil penelitian Setyorini, Widowati, dan Hartatik, (2000) menunjukkan bahwa kadar N total pupuk kandang kambing 2 kali lebih tinggi dari kadar N total pupuk kandang sapi. Kandungan unsur pada kotoran berbagai jenis ternak dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel. 1. Kandungan unsur hara pada kotoran berbagai jenis ternak

Jenis ternak	Kandungan Unsur Hara				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Rasio C/N
	%				
Sapi	0,3	0,2	0,15	0,2	20-25
Kuda	0,5	0,25	0,3	0,2	24
Ayam	1,5	1,3	0,8	4,0	9-11
Kambing	0,7	0,4	0,25	0,4	20-25

Sumber : (Lingga, 1991)

Penggunaan kotoran ternak padat sebagai pupuk organik, sebelum diaplikasikan sebaiknya diolah dengan metode porasi (pupuk organik hasil fermentasi) (Priyadi, 2011). Selama proses fermentasi, bahan organik yang mudah terurai dalam kotoran akan dikonsumsi oleh mikroorganisme dan menghasilkan

panas, karbon dioksida, dan air dalam kondisi aerobik. Kotoran ternak yang sudah difermentasi tidak mengeluarkan bau dan polusi gas lainnya. Panas yang dihasilkan dalam tahap fermentasi dapat membunuh patogen, biji gulma, dan mengubah kotoran menjadi produk yang siap pakai untuk diaplikasikan ke dalam pertanian sebagai pupuk organik (Liu dan Wang, 2020).

Penambahan mikroba pada pupuk organik dapat berperan sebagai bahan pengurai bahan organik sehingga dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman (Meena dan Meena, 2017). Dengan menambahkan mikroba pada bahan organik ketersediaan unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium dapat meningkat sehingga dapat menyediakan unsur nitrogen, fosfor dan kalium untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Toyota dan Watanabe, 2013).

Mikroba yang digunakan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman merupakan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat meningkatkan rangsangan pertumbuhan tanaman jika berasosiasi dengan tanaman inang (Vessey, 2003). Menurut de Souza *dkk.* (2013), Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) mampu meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman, yang berdampak positif pada hasil panen padi. Paul (2007) menjelaskan bahwa PGPR adalah jenis bakteri yang menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Beberapa bakteri yang termasuk dalam PGPR antara lain *Bacillus subtilis*, *Azospirillum*, dan *Pseudomonas*. Aktivitas bakteri penambat nitrogen, seperti *Azotobacter sp.* dan *Azospirillum sp.*, serta bakteri pelarut fosfat (BPF) seperti *Pseudomonas sp.*, membantu meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor di tanah, sebagaimana diungkapkan oleh Setiawati (2018).

Bakteri pengikat nitrogen (N)

Bakteri yang memperbaiki nitrogen dapat hidup bersimbiosis dengan akar tanaman atau hidup bebas. *Rhizobium* dan *Bradyrhizobium* adalah contoh bakteri yang hidup bersimbiosis dengan akar tanaman. Di sisi lain, *Azospirillum* dan *Azotobacter* adalah contoh bakteri penambat nitrogen yang hidup bebas dan berinteraksi dengan perakaran tanaman. *Azospirillum* memiliki potensi besar sebagai pupuk hayati (Kristanto, Mimbar, dan Sumarni, 2002).

Terdapat tiga spesies *Azospirillum* yang memiliki kemampuan yang sama dalam menambat nitrogen, yaitu *Azospirillum brasiliense*, *A. lipoferum*, dan *A. amazonense*. Salah satu kelebihan dari bakteri ini adalah tidak menambat nitrogen saat berada di daerah rhizosfer tetapi bakteri ini meningkatkan penyerapan nitrogen yang ada di dalam tanah (Sutanto, 2002).

Bakteri pelarut Fosfat (P)

Fosfat merupakan salah satu nutrisi penting bagi tanaman setelah nitrogen. Fosfat dapat ditemukan dalam bentuk organik dan anorganik di alam. Namun, ketersediaan fosfat di tanah sering kali rendah karena fosfat terikat dengan besi, aluminium, dan kalsium dalam bentuk yang tidak larut. Kekurangan fosfat merupakan faktor kimia utama yang membatasi pertumbuhan tanaman, sehingga pupuk fosfat kimia sering digunakan untuk memperoleh hasil yang optimal (Alam dkk., 2002).

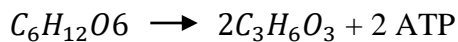
Bakteri yang mampu melarutkan fosfat di tanah disebut bakteri pelarut fosfat. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk mengubah fosfat yang tidak larut menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Selain meningkatkan ketersediaan fosfat di tanah, bakteri pelarut fosfat juga dapat berperan dalam metabolisme vitamin D, memperbaiki pertumbuhan akar tanaman, dan meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman (Wulandari, 2001).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Istiqomah, Aini, dan Abadi (2017), bakteri pelarut fosfat yang terdiri dari *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* mampu melarutkan fosfat serta dapat meningkatkan berat bobot akar dan panjang akar.

Bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.)

Bakteri asam laktat (BAL) menghasilkan asam laktat yang dapat merombak bahan organik seperti lignin dan selulosa (Hidalgo, Corona, dan Maroquin, 2022). BAL juga dapat mengurangi emisi ammonia (NH_3) yang menyebabkan hilangnya kandungan nitrogen pada bahan organik (Nie, Gao, dan Zheng, 2020). Contoh bakteri asam laktat (BAL), seperti *Lactobacillus* spp., *Lactococci*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Leuconostocs*. Di sisi lain, asam

laktat ini juga berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri lain yang berpotensi membahayakan (Malo dan Urquhart, 2016).



Glucose \rightarrow asam laktat + energi

Jamur ragi (*Saccharomyces* sp.)

Ragi mengubah bentuk karbohidrat menjadi karbon dioksida dan ethanol (Elliasson, 2020). *Saccharomyces* membantu bakteri anaerob dalam mengubah senyawa organik yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti glukosa dan asam organik (Syaichurrozi, Rusdi, dan Bustomi, 2016). Etanol yang diproduksi oleh *Saccharomyces* bersifat toksik bagi sebagian besar spesies mikroba lain yang mampu bersaing dengannya untuk mendapatkan gula karbohidrat (Parapouli, Vasileiadis dan Hatziloukas, 2020). Ragi juga merupakan substrat yang baik bagi perkembangan bakteri asam laktat (Vuyst, Harth, dan Leroy, 2016).

2.1.8. Pupuk cair urine kelinci

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang berasal dari hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur yang berbentuk larutan (Hadisuwito, 2012). Pupuk organik cair mempunyai komponen nutrisi yang esensial bagi tanaman dan mikroorganisme yang bekerja untuk menguraikan bahan organik. Mikroorganisme memiliki peran kunci dalam menguraikan bahan organik selama proses fermentasi. Pada tahap akhir fermentasi, pupuk organik cair mengandung fitohormon seperti auksin, sitokinin, dan asam organik yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman (Phibunwatthanawong dan Riddech, 2019).

Urine kelinci mengandung unsur hara yang tinggi dibandingkan dengan bahan organik lainnya. Pupuk organik cair yang berasal dari urin kelinci mengandung unsur hara yang cukup tinggi yaitu N 4%; P₂O₅ 2,8%; dan K₂O 1,2%. (Hartatik dan Widowati, 2006). Pupuk urin kelinci mengandung bahan organik C/N: (10 ±12%) dan pH 6,47±7,52 (Sajimin dkk. 2003).

2.2. Kerangka berpikir

Tanaman padi mempunyai peran yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia, nasi yang dihasilkan dari tanaman padi menjadi makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Oleh karena itu, budidaya tanaman padi merupakan aktivitas pertanian yang sangat penting dan banyak diaplikasikan di pertanian Indonesia. Tanaman padi juga merupakan salah satu sumber pokok untuk memenuhi kebutuhan pangan yang menjadi fokus perhatian petani di Indonesia (Siringo dan Daulay, 2014).

Dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia, maka diperlukan suatu cara untuk meningkatkan produktivitas pertanian Indonesia terutama komoditas tanaman padi. Salah satu solusi dalam meningkatkan produksi padi di Indonesia yaitu dengan metode budidaya padi *System of Rice Intensification* (SRI). SRI adalah suatu metode budidaya padi yang memprioritaskan pengelolaan tanah, tanaman, dan air dengan cara yang ramah lingkungan, serta melibatkan kelompok petani dan pengetahuan lokal sebagai basisnya. SRI bertujuan untuk meningkatkan produktivitas padi melalui praktik-praktik yang berkelanjutan dan berorientasi pada lingkungan. Metode ini menekankan pada pemberdayaan masyarakat dan penggunaan teknik budidaya yang tepat guna, agar dapat menghasilkan panen yang optimal dan berkelanjutan (Direktorat Perluasan dan Pengelolaan Lahan, 2013).

Menurut Bakelaar (2001), untuk menerapkan metode SRI, ada 4 komponen utama yang harus dilakukan secara terintegrasi, yaitu: menanam bibit lebih awal (antara 7 sampai 15 hari setelah penyemaian), menanam satu bibit per lubang tanam dengan jarak minimal 25 cm x 25 cm, dan memastikan kondisi lahan dalam keadaan macak-macak. Selain itu, penting untuk menambahkan bahan organik dan melakukan penyiangan gulma secara teratur agar pertumbuhan tanaman padi lebih optimal.

Hal ini telah dibuktikan dari hasil penelitian Mawardi, Wijaya, dan Setiyono (2013), yang menunjukkan bahwa hasil tanaman padi yang ditanam dengan metode SRI mempunyai produktivitas panen gabah dua kali lipat lebih tinggi

yaitu mencapai 11,56 t/ha dibandingkan dengan penanaman padi dengan teknik konvensional yang hanya mencapai 4,84 t/ha.

Metode *System of Rice Intensification* (SRI) yang menggunakan jarak tanam yang lebih lebar daripada metode konvensional. Hal ini berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan jumlah anakan produktif (Hatta, 2012), efisiensi penyerapan pupuk, peningkatan hasil produksi tanaman padi (Muyassir, 2012).

Penggunaan pupuk sebagai bahan untuk menyediakan hara bagi tanaman sangat diperlukan. Menurut Supartha dkk, (2012) penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan terutama kondisi tanah. Kondisi tanah yang rusak mengakibatkan kehilangan kemampuan tanah untuk menyediakan kebutuhan hara bagi tanaman. Oleh karena itu, diperlukan bahan organik untuk memperbaiki kondisi lingkungan tanah. Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari sisa-sisa bahan organik yang diurai oleh mikroorganisme pengurai. Pupuk organik mampu menjaga kesuburan dan kesehatan tanah sehingga dapat menciptakan pertanian yang berimbang dan berkelanjutan.

Pupuk organik yang menggunakan bahan dasar dari kotoran hewan disebut sebagai pupuk kandang. Pupuk kandang yang berasal dari kotoran kambing memiliki kandungan kalium yang lebih tinggi dan kandungan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan jenis pupuk kandang lainnya (Hartatik dkk., 2015). Menurut Sari dan Sridanti (2019), pemberian pupuk kandang dari kotoran kambing mampu meningkatkan jumlah anakan dan bobot bulir bernas pada tanaman padi. Hal ini diperkuat dengan penelitian Putra (2015) yang menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik yang berasal dari kotoran kambing sebanyak 12 t/ha mampu meningkatkan jumlah malai, bobot biji per malai, dan presentase gabah bernas. Selain itu, pupuk organik dari kotoran kambing juga memberikan hasil panen terbaik dibandingkan dengan jenis pupuk organik dari kotoran hewan lainnya, yaitu mencapai 6,3 t/ha gabah kering giling.

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang terbuat dari hasil dekomposisi bahan organik, kotoran hewan dalam bentuk cair atau larutan. Menurut Romhiyat, Surya, dan Hastuti (2006), aplikasi pupuk organik cair dapat memberikan nutrisi

yang lebih cepat diserap oleh tanaman dibandingkan dengan pupuk organik padat. Pupuk organik cair dari urine kelinci mempunyai kandungan hara yang tinggi terutama pada kandungan Nitrogen. Pada percobaan yang dilakukan oleh Rusmana, Wijayani, dan Sasmita, (2021) pemberian pupuk cair urine kelinci dengan konsentrasi 300ml/L berpengaruh terhadap panjang sulur tanaman mentimun mencapai 30 cm dan hasil bobot buah mencapai 100 gram per buah

Pemberian pupuk organik urine kelinci mampu memberikan jumlah gabah bernas yang baik pada tanaman padi (Laili dan Munjin, 2023). Hal ini diperkuat dari hasil penelitian Ahadiyat, Widayawati, dan Fauzi, (2021) yang menunjukkan bahwa pemberian POC urine kelinci pada tanaman padi mampu meningkatkan gabah kering panen (GKP) mencapai 6,02 t/ha

Pupuk organik yang diperkaya mikroba merupakan kombinasi antara pupuk organik yang sudah terdekomposisi dengan mikroba fungsional yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Husen, Saraswati, dan Hastuti, 2006). Penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati yang berkualitas dan bermutu dapat menjaga produktivitas dan produksi tanaman, serta mendukung usaha pelestarian lingkungan pertanian yang berkelanjutan Husen, Saraswati, dan Hastuti (2006). Mikroba yang digunakan merupakan mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat dimanfaatkan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman dan memberikan banyak manfaat ketika berinteraksi dengan tanaman inang (Vessey, 2003). Pada penelitian de Souza dkk., (2013) menyebutkan bahwa PGPR dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman dan dapat meningkatkan hasil panen padi.

2.3. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan sebuah hipotesis sebagai berikut:

- a. Aplikasi kombinasi porasi kotoran kambing dan pupuk cair urine kelinci yang difermentasi berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi dengan metode SRI (*System Rice Intensification*).
- b. Diketahui kombinasi porasi kotoran kambing dan pupuk cair urine kelinci yang difermentasi yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi dengan metode SRI (*System Rice Intensification*).