

II. KERANGKA PEMIKIRAN

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Morfologi tanaman padi

Tanaman padi tergolong tanaman *Gramineae* yang memiliki sistem perakaran serabut. Sewaktu berkecambah, akar primer muncul bersamaan dengan akar lainnya yang disebut akar seminal. Selanjutnya, akar seminal akan digantikan dengan akar *adventif* yang tumbuh dari buku terbawah batang. Batang tanaman padi tersusun atas beberapa ruas. Pemanjangan beberapa ruas batang terjadi ketika tanaman padi memasuki fase reproduktif. Padi memiliki daun berbentuk lanset dengan urat tulang daun sejajar tertutupi oleh rambut yang halus dan pendek. Pada bagian teratas dari batang, terdapat daun bendera yang ukurannya lebih lebar dibandingkan dengan daun bagian bawah (Makarim dan Suhartatik, 2007).

Bunga tanaman padi secara keseluruhan disebut malai. Setiap unit bunga pada malai dinamakan *spikelet*. Bunga tanaman padi terdiri atas tangkai, bakal buah, lemma, palea, putik, dan benang sari serta beberapa organ lainnya yang bersifat inferior. Tiap unit bunga pada malai terletak pada cabang-cabang bulir yang terdiri atas cabang primer dan cabang sekunder. Tiap unit bunga padi adalah floret yang terdiri atas satu bunga. Satu bunga terdiri atas satu organ betina dan 6 organ jantan (Makarim dan Suhartatik, 2007).

Buah padi yang tertutup oleh lemma dan palea. Buah ini terjadi setelah selesai penyerbukan dan pembuahan. Lemma dan palea serta bagian-bagian lain membentuk sekam (kulit gabah). Dinding bakal buah terdiri dari tiga bagian-bagian paling luar disebut *epicarpium*, bagian tengah disebut *mesocarpium* dan bagian dalam disebut *endocarpium*. Biji sebagian besar ditempati oleh *endosperm* yang mengandung zat tepung dan sebagian ditempati oleh *embryo* (lembaga) yang terletak dibagian sentral yakni dibagian lemma. *Endosperm* umumnya terdiri dari zat tepung yang diliputi oleh selaput protein. *Endosperm* juga mengandung zat gula, lemak, serta zat-zat anorganik (Makarim dan Suhartatik, 2007).

2.1.2 Syarat tumbuh tanaman padi

Tanaman padi dapat tumbuh dalam iklim yang beragam, tumbuh di daerah tropis dan subtropis pada 45°LU dan 45°LS dengan cuaca panas dan kelembaban tinggi dengan musim hujan 4 bulan. Rata-rata curah hujan yang baik untuk tanaman padi adalah 200 mm/bulan atau 1500-2000 mm/tahun. Padi dapat di tanam di musim kemarau atau hujan. Produksi meningkat pada musim kemarau dengan syarat irigasi selalu tersedia. Ketersediaan air yang melimpah produksi dapat menurun karena penyerbukan kurang intensif. Suhu udara yang dibutuhkan tanaman padi pada ketinggian 0-650 m dpl dengan temperatur 22–27°C sedangkan di dataran dengan tinggi 650-1500 m dpl dengan temperatur 19-23°C (Hanum, 2008).

Tanaman padi memerlukan penyinaran matahari penuh. Kondisi angin juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman padi yaitu dalam penyerbukan dan pematangan tetapi jika terlalu kencang akan menyebabkan tanaman menjadi rebah. Temperatur sangat mempengaruhi pengisian biji padi, pada temperatur yang rendah dan kelembaban yang tinggi pada waktu pembungaan akan mengganggu proses pematangan yang mengakibatkan gabah menjadi hampa. Hal ini terjadi akibat tidak membukanya bakal biji. Temperatur yang rendah pada waktu bunting dapat menyebabkan rusaknya polen dan menunda pematangan tepung sari. Padi sawah ditanam di tanah berlempung yang berat atau tanah yang memiliki lapisan keras 30 cm di bawah permukaan tanah. Menghendaki tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18–22 cm, keasaman tanah antara pH 6,0–7,0 (Hanum, 2008).

2.1.3 Fase pertumbuhan tanaman padi

Menurut Makarim dan Suhartatik, (2007) pertumbuhan tanaman padi dibagi ke dalam 3 fase (*stadia*) yaitu fase vegetatif (awal pertumbuhan sampai pembentukan bakal malai/*primordia*), fase reproduktif (*primordia* sampai pematangan), dan fase pematangan (pematangan sampai gabah matang). Pertumbuhan tanaman padi terbagi atas 10 tahapan yaitu (tahap 0-9):

Tahap 0 : Benih berkecambah sampai muncul kepermukaan. Benih biasanya dikecambahkan melalui perendaman selama 24 jam dan diinkubasi selama 24 jam.

- Tahap 1 : Pertunasan atau bibit, yaitu sejak benih berkecambah, tumbuh menjadi tanaman muda/ bibit hingga hampir keluar anakan pertama. Selama tahap ini, akar seminal dan lima daun terbentuk. Sementara tunas terus tumbuh, dua daun lagi terbentuk. Daun terus berkembang pada kecepatan 1 daun setiap 3-4 hari selama tahap awal pertumbuhan. Kemunculan akar sekunder membentuk sistem perakaran serabut permanen dengan cepat menggantikan radikula dan akar seminal sementara.
- Tahap 2 : Pembentukan anakan, berlangsung sejak munculnya anakan pertama sampai pembentukan anakan maksimum tercapai. Anakan muncul dari tunas aksial pada buku batang dan menggantikan tempat daun. Setelah tumbuh, anakan pertama memunculkan anakan sekunder, ini terjadi pada 30 hari setelah pindah tanam. Fase tumbuh dari anakan maksimal sampai inisiasi malai disebut *vegetative – lag*. Setelah anakan maksimal tercapai, sebagian dari anakan akan mati dan tidak menghasilkan malai, anakan tersebut dinamakan anakan yang tidak efektif.
- Tahap 3 : Pemanjangan batang, terjadi sebelum pembentukan malai atau pada tahap akhir pembentukan anakan. Anakan terus meningkat dalam jumlah dan tingginya. Periode waktu pertumbuhan berkaitan nyata dengan memanjangnya batang. Batang lebih panjang pada varietas yang pertumbuhannya lebih lama. Varietas padi dapat dikategorikan pada 2 kelompok, yaitu : varietas berumur pendek (masak dalam 105-120 hari) dan varietas berumur panjang (masak dalam 150 hari). Pada varietas pendek/genjah, buku kelima dari batang, di bawah kedudukan malai, memanjang hanya 2-4 cm terlihat kasat mata sebelum pembentuk malai. Keempat tahap pertama ini merupakan fase vegetatif, awal dari pertumbuhan tanaman padi.
- Tahap 4 : Pembentukan malai sampai bunting, pada varietas genjah, bakal malai (*primordia*) terlihat berupa kerucut putih panjang 1,0 – 1,5 mm. Pertama kali muncul pada ruas buku utama, kemudian pada anakan dengan pola tidak teratur. Saat malai terus berkembang, bulir terlihat dan dapat dibedakan. Malai muda meningkat dalam ukuran dan

berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera menyebabkan pelepah daun menggebu. Pengebuhan daun bendera ini disebut bunting. Bunting terlihat terjadi pertama kali pada ruas batang utama. Pada tahap bunting, ujung daun layu (menjadi tua dan mati) dan anakan non produktif terlihat pada bagian dasar tanaman.

Tahap 5 : *Heading* (keluarnya bunga atau malai), dikenal juga sebagai tahap keluarnya malai. *Heading* ditandai dengan munculnya ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang sampai keluar seutuhnya dari pelepah daun. Dalam suatu rumpun fase ini memerlukan waktu 10-14 hari

Tahap 6 : Pembungaan (*anthesis*) dimulai ketika benang sari bunga yang paling ujung pada tiap cabang malai telah tampak keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan. Umumnya *anthesis* terjadi pada pukul 08.00 – 13.00 dan persarian akan selesai 5-6 jam setelah *anthesis*. Tepung sari yang jatuh ke kepala putik segera berkecambah dalam 3 menit dan menghasilkan pipa tepung sari yang akan mencapai kantong janin melalui pintu mikropil. Dalam waktu 30 menit setelah persarian, 1 gamet jantan bersatu dengan 2 inti kutub sel telur menghasilkan endosperm dengan jumlah kromosom 3n. Persarian gamet jantan yang satu lagi bersatu dengan 1 inti kutub sel telur membentuk satu sel telur 2n. Dalam satu malai, semua bunga memerlukan 7-10 hari untuk *anthesis*. *Anthesis* terjadi 25 hari setelah bunting.

Tahap 7 : Matang susu, pada tahap ini, gabah mulai terisi dengan cairan kental berwarna putih susu. bila gabah ditekan, maka cairan tersebut akan keluar. Malai hijau dan mulai merunduk. Pelayuan pada dasar anakan berlanjut. Daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau.

Tahap 8: Gabah $\frac{1}{2}$ matang, pada tahap ini isi gabah berubah menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning. Pelayuan (*senescense*) dari anakan dan daun dibagian dasar tanaman tampak semakin jelas. Ujung dua daun terakhir pada setiap anakan mulai mengering.

Tahap 9 : Gabah matang berkembang penuh, keras dan berwarna kuning, daun bagian atas mengering dengan cepat. Sejumlah daun yang mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman.

2.1.4 Peran mikoriza arbuskula

Mikoriza adalah suatu struktur sistem perakaran yang terbentuk sebagai manifestasi adanya simbiosis antara cendawan (*myces*) dan perakaran (*Rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi. Hubungan yang saling menguntungkan tanaman akan mendapatkan hara lebih banyak dari tanah, sedang cendawan mendapatkan fotosintat dari tanaman (Setiadi, 1995). Menurut Nuhamara (1987), mikoriza adalah struktur khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu. Berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi pada sistem perakaran inangnya (*host*), mikoriza dikelompokkan ke dalam 2 golongan besar, yaitu : ektomikoriza dan endomikoriza.

- 1) Ektomikoriza merupakan tipe yang paling dikenal dan mudah dilihat dengan mata biasa.
- 2) Ektomikoriza menginfeksi tanaman-tanaman dari kelompok *Dipterocarpaceae*, *Pinaceae*, *Myrtaceae* dan *Leguminaceae*.

Mikoriza mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, serta telah banyak terbukti mampu memperbaiki nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Menurut Marschner (1992) bahwa mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Fosfor adalah unsur utama hara yang dapat diserap oleh tanaman bermikoriza dan juga unsur-unsur mikro seperti Cu, Zn dan Mo (Marschner, 1992).

Tanaman yang bermikoriza, respon tanaman yang mengalami cekaman kekeringan cenderung lebih bertahan dari kerusakan korteks dibandingkan pada tanaman tanpa mikoriza. Menurut Setiadi (1995), gangguan terhadap perakaran akibat cekaman kekeringan ini pengaruhnya tidak akan permanen pada akar yang terinfeksi mikoriza. Peranan langsung dari mikoriza adalah membantu akar dalam meningkatkan penyerapan air, dikarenakan hifa cendawan ini masih mampu

menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah mengalami kesulitan mengabsorpsi air (Setiadi, 1995). Kemampuan menyerap air dari pori-pori tanah ini karena hifa utama mikoriza membentuk percabangan hifa yang lebih kecil dan lebih halus dari rambut akar dengan diameter kurang dari 1 μm .

Hal ini memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (*mikro*) sehingga hifa dapat menyerap air pada kondisi air tanah yang sangat rendah. Jaringan *hifa eksternal* dari mikoriza akan memperluas bidang serapan air. *Hifa eksternalnya* dapat meningkatkan total daerah perakaran dari sistem perakaran tanaman dan meningkatkan volume tanah yang dapat dieksploitasi oleh air. Air menjadi lebih banyak tersedia bagi tanaman inang yang akan lebih memacu pertumbuhan tanaman melalui pembelahan, pembesaran, pemanjangan dan pengisian sel oleh hasil metabolisme. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran massa seperti unsur N, K dan S, sehingga serapan unsur tersebut juga meningkat.

2.1.5 Kebutuhan padi terhadap air

Kebutuhan air untuk tanaman padi sangat tergantung dari varietas padi yang ditanam, lama periode pertumbuhan tanaman sejak tanam hingga bertunas. Kebutuhan air tersebut dicukupi dari curah hujan dan atau air irigasi. Penanaman padi pada daerah tropis biasanya dilakukan pada awal musim hujan atau akhir musim kemarau, 80% dari pertanaman padi di dunia mendapatkan suplai air dari air hujan (Pitojo, 2003). Menurut Prasetyo (2003) ketersediaan air dalam jumlah serta waktu yang tepat merupakan syarat mutlak pada budidaya padi sawah. Akibat kekurangan air akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Air seringkali menjadi faktor dalam membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman budidaya. Pertumbuhan sel merupakan fungsi tanaman yang paling sensitif terhadap kekurangan air. Kekurangan air akan mempengaruhi turgor sel sehingga akan mengurangi pengembangan sel, sintesis protein, dan sintesis dinding sel (Gardner *et al.*, 1991). Kekurangan air dapat mengurangi sintesis klorofil dan mengurangi aktivitas beberapa enzim (misalnya *nitrat*

reduktase). Kekurangan air justru meningkatkan aktivitas enzim-enzim hidrolisis (misalnya *amilase*) (Hsiao, 1989).

Cekaman kekeringan dapat menurunkan tingkat produktivitas (*biomassa*) tanaman, karena menurunnya metabolisme primer, penyusutan luas daun dan aktivitas fotosintesis. Penurunan akumulasi biomassa akibat cekaman air untuk setiap jenis tanaman besarnya tidak sama. Hal tersebut dipengaruhi oleh tanggap masing-masing jenis dan varietas tanaman. Fase pindah tanam merupakan fase dimana tanaman padi membutuhkan kondisi tanah yang lembab untuk proses pemulihan dan pembentukan akar baru yang selanjutnya dapat digunakan untuk proses penyerapan air dan unsur hara (Hidayat, 2016).

Tanaman padi yang ditanam dengan sistem pindah tanam (*transplanting*), pembentukan anakan dimulai ± 10 hari setelah tanam (HST) dan puncak pembentukan anakan (anakan aktif) terjadi berkisar umur 20-30 HST, pada umur tersebut merupakan masa kritis air, dimana kekurangan air akan menghambat proses pembentukan anakan. Laju pertumbuhan dan pembentukan anakan pada fase ini akan meningkat, sehingga air dan unsur hara dalam tanah khususnya hara nitrogen harus tercukupi (Hidayat, 2016).

2.1.6 Peranan varietas terhadap cekaman kekeringan

Penggunaan jenis varietas padi merupakan salah satu komponen teknologi budidaya yang mampu meningkatkan produktivitas padi dan pendapatan petani pada suatu wilayah dan kondisi lingkungan tertentu sesuai dengan keunggulan varietas yang dibudidayakan. Beberapa genotipe padi menunjukkan variasi tingkat kepekaan terhadap kekeringan, walaupun demikian genotipe padi gogo diketahui lebih toleran terhadap kekeringan dibandingkan genotipe padi sawah (Bouman *et al.*, 2007).

Mekanisme resistensi/ketahanan tumbuhan terhadap kekeringan (*drought resistant species*) dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu "*escape*", "*avoidance*" dan "*tolerance*". Spesies/varietas tumbuhan yang tahan terhadap kekeringan akan menggunakan lebih dari satu mekanisme (strategi) diatas untuk mempertahankan diri terhadap cekaman kekeringan (Mitra, 2001). "*Escape*" didefinisikan sebagai kemampuan tumbuhan untuk menyelesaikan siklus hidupnya sebelum mengalami stres kekeringan yang sangat ekstrim; mekanisme

yang biasa dilakukan adalah dengan berbunga dan berbuah lebih awal. "*Avoidance*" adalah kemampuan tumbuhan untuk menjaga agar potensial air tubuh tetap tinggi (mendekati nilai nol - kurang negatif); yaitu dengan mengoptimalkan sistem perakaran, sehingga dapat meningkatkan kemampuannya dalam menyerap air dalam jumlah relatif banyak serta mempertahankan kandungan air di dalam jaringan (Pugnaire *et al.*, 1999). "*Tolerance*" meliputi kemampuan suatu spesies/varietas tumbuhan untuk tetap hidup dan tetap melakukan fungsi meskipun mengalami cekaman kekeringan (Mitra, 2001).

2.2 Kerangka Konsep

Padi merupakan tanaman pangan utama yang permintaannya selalu meningkat oleh masyarakat Indonesia, sehingga perlu kajian-kajian dalam upaya peningkatan produksi seiring dengan rendahnya produksi nasional. Sebagai upaya peningkatan produktivitas tanaman padi, kajian tentang tanggap pertumbuhan varietas padi terhadap pengaturan kadar air tanah dan pemberian fungi mikoriza arbuskula diharapkan dapat memberikan solusi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman padi, karena ketersediaan air merupakan faktor penting dalam sistem budidaya padi, namun tingginya kebutuhan air ini dihadapkan pada masalah kekeringan dan kelangkaan air di antaranya akibat faktor iklim dan persaingan penggunaan air antar sektor (Bouman *et al.*, 2007).

Kekeringan pada fase vegetatif tanaman padi dapat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah anakan, sementara pada fase reproduktif dapat meningkatkan persen gabah hampa dan menurunkan bobot gabah (Wopereis *et al.*, 1996; Bouman dan Tuong, 2001). Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kekeringan terhadap tanaman padi yaitu dengan penggunaan varietas tahan kekeringan juga sangat dibutuhkan untuk memperlambat respon tanaman terhadap lama masa kekeringan sehingga tanaman dapat bertahan hingga akar dapat menyerap air dari dalam tanah serta mengaplikasikan fungi mikoriza arbuskula sebagai upaya perpanjangan akar tanaman dalam mencari dan menyerap air di dalam partikel tanah.

Menurut Dorenboos dan Kassam, (1979) bahwa batas kadar air tanah yang dibutuhkan untuk tanaman padi yaitu sebesar 80%, dan pada kondisi kadar air

tanah 70-80% maka menyebabkan produksi tanaman menurun serta pada kadar air tanah 50% menyebabkan penurunan produksi mencapai 50-70%. Menurut Rousseau dan Sitkin. (1998) hifa mikoriza dapat meningkatkan permukaan serapan akar sampai 80%. Fungsi paling penting dari mikoriza yaitu kemampuannya dalam memperbaiki sifat fisik tanah dengan membuat agregat tanah menjadi lebih stabil (Johnson dan Gehring, 2007). Berdasarkan hasil penelitian Sasli (2003) diketahui bahwa pengayaan tanah dengan pemanfaatan FMA dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air. Selanjutnya Utama (2015) menyatakan bahwa penggunaan varietas padi toleran dapat meningkatkan produksi pada lahan-lahan marjinal di atas 5 ton ha⁻¹ dan pada budidaya secara konvensional produksi padi kurang dari 2 ton.

2.3 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Diduga pemberian fungi mikoriza arbuskula dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan aluvial.
- 2) Diduga pengaturan kadar air tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan aluvial.
- 3) Diduga penggunaan varietas dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan aluvial.
- 4) Diduga terdapat interaksi antara pemberian mikoriza, pengaturan kadar air tanah, dan penggunaan varietas dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan aluvial.