

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi

Pertumbuhan ialah proses penambahan bobot kering dalam kehidupan suatu tanaman. Pertambahan ukuran tanaman secara keseluruhan ialah hasil dari pertambahan organ tanaman akibat dari pertambahan jaringan sel yang dihasilkan oleh pertambahan ukuran sel. Jumlah sel yang semakin banyak atau volume sel yang semakin besar membutuhkan semakin banyak bahan-bahan sel yang disintesis menggunakan substrat yang sesuai. Pertumbuhan dapat diindikasikan dengan pertambahan ukuran dan bobot kering tanaman yang tidak dapat balik (Harjadi, 1996).

Tanaman Padi memiliki beberapa ciri, misalnya termasuk dalam suku padi-padian atau *poceae*. Sejumlah suku ciri ini juga menjadi ciri padi, misalnya berakar serabut, daun berbentuk lanset (sempit memanjang), urat daun sejajar, memiliki pelepah daun, bunga tersusun sebagai bunga majemuk dengan satuan bunga berupa floret, floret tersusun dalam spikelet, khusus untuk padi satu spikelet hanya memiliki satu floret, buah dan biji sulit dibedakan karena merupakan bulir atau kariopsis. Menurut Sendhy (2010), tanaman padi dapat hidup baik di daerah yang berhawa panas dan banyak mengandung uap air. Curah hujan yang baik rata-rata 200 mm/bulan atau lebih, dengan distribusi selama 4 bulan. Curah hujan yang dikehendaki per tahun sekitar 1500 – 2000 mm. suhu yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi adalah 23⁰C. dengan ketinggian tempat sekitar antara 0 – 1500 m dpl. Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi ialah tanah sawah yang kandungan fraksi pasir, debu dan lempung dalam perbandingan tertentu dengan diperlukan air dalam jumlah yang cukup. Padi dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang ketebalan lapisan olah antara 18 – 22 cm dengan pH antara 4 – 7.

Pertumbuhan tanaman padi terdiri dari 3 fase. Fase yang pertama ialah fase vegetatif. Fase vegetatif diawali saat berkecambah sampai inisiasi primordial malai. Fase ini ditandai oleh terbentuknya anakan yang cepat sampai tercapai anakan yang maksimal, bertambahnya tinggi tanaman dan daun tumbuh secara teratur. Varietas

padi yang berumur pendek (120 hari) lama stadia sekitar 55 hari, sedangkan pada varietas padi berumur panjang (150 hari) lama stadia sekitar 85 hari fase yang kedua ialah fase reproduktif. Fase reproduktif dimulai dari inisiasi primordia malai sampai berbunga. Pertumbuhan pada fase ini ditandai dengan perpanjangan ruas batang, jumlah anakan berkurang, daun bendera muncul dan pembungaan. Pada varietas berumur panjang dan pendek waktunya sama yaitu 35 hari. Fase yang ketiga ialah fase pemasakan. Fase pemasakan dimulai dari berbunga sampai panen. Fase pemasakan ditandai dengan daun menua dan pertumbuhan biji atau gabah dengan ciri penambahan ukuran biji, bobot dan perubahan warna. Lama stadia pada fase ini sekitar 30 hari, baik untuk varietas padi berumur panjang maupun berumur pendek.

Dimulai dari perkecambahan sampai terbentuknya daun pertama, kurang lebih membutuhkan waktu sekitar 3 hari. Stadia bibit, dimulai dari pembentukan daun pertama sampai terbentuknya anakan pertama, lamanya sekitar 3 minggu atau sampai padi berumur 24 hari. Stadia anakan, pembentukan anakan semakin bertambah sampai batas maksimal padi berumur 40 hari. Stadia saat terbentuknya bulir, saat padi berumur 62 hari. Stadia perkembangan bulir, bulir tumbuh makin sempurna sampai terbentuknya biji, lama sekitar 2 minggu saat padi berumur 72 hari. Stadia pembungaan, saat munculnya bunga, polinasi dan fertilisasi. Stadia biji berisi cairan menyerupai susu, bulir kelihatan berwarna hijau, padi berumur 100 hari. Stadia pemasakan biji, baru berukuran maksimal, keras dan berwarna kuning, bulir mulai merunduk, tanaman padi berumur 116 hari (Taslim *et al.*, 1989; Soedarmo 1995).

Kekurangan air pada saat fase pembungaan dapat mengakibatkan gugurnya bunga dan gabah menjadi hampa, sehingga hasil panen menjadi rendah (Farhan, 2001). Ketersediaan air selama pertumbuhan padi berpengaruh nyata terhadap hasil, sedangkan hasil yang tinggi hanya dapat diperoleh bila air dapat dipertahankan paling tidak sampai fase pembungaan (Wirajaswadi, 2004). Namun ketersediaan air tidak selalu tergenang terutama pada saat tanaman sampai primordial dan pengisian gabah sampai matang penuh (Anonymous, 2012).

2.2 Metode SRI

System Of Rice Intensification (SRI) ialah teknik budidaya tanaman padi dengan cara mengubah pengelolaan tanaman, tanah, air, unsur hara. Teknik budidaya tanaman padi ini mampu terbukti telah berhasil meningkatkan produktivitas padi sebesar 50% bahkan beberapa tempat mencapai lebih dari 100% (Mutakin, 2007). Pengelolaan Tanaman Padi Metoda SRI. SRI merupakan metode pertanian yang berkelanjutan yang ramah lingkungan dimana pengelolaannya jauh dari polusi kimia sehingga produk berbasis organik dan non-residu baik di tanah, lingkungan, dan produk. Metode SRI dapat menurunkan input yang besar dari penggunaan pupuk anorganik dimana kadar kimianya dapat merusak tanah. Metode SRI hanya mengandalkan bahan organik dalam pengelolaannya dan pengurangan input air skala besar selama masa tanam padi. Dengan cara penanaman yang berbeda dengan pertanian konvensional, maka pertanian metode SRI ini mempunyai beberapa keunggulan, antara lain :

1. Tanaman hemat air, jadi selama pertumbuhan dari mulai tanam sampai panen memberikan air maksimal 2 cm, paling baik macak-macak sekitar 5 mm dan ada periode pengeringan sampai tanah sedikit kering.
2. Hemat biaya, hanya butuh benih 5 kg/ha. Tidak memerlukan biaya pencabutan bibit, tidak memerlukan biaya pindah bibit, tenaga tanam kurang dll.
3. Hemat waktu, ditanam bibit muda 5 – 12 hss (hari setelah semai), dan waktu panen akan lebih awal
4. Produksi meningkat, di beberapa tempat hingga mencapai 11 ton/ha.
5. Ramah lingkungan, tidak menggunakan bahan kimia dan digantikan dengan mempergunakan pupuk organik (kompos, kandang dan mikroorganisme), begitu juga penggunaan pestisida (menggunakan pestisida alami).

Pengelolaan tanaman padi metoda SRI lebih ditujukan menjaga tanaman padi terhindar dari cekaman dan kelebihan air, unsur hara dan mikroorganisme tanah sehingga tumbuh-kembang akar dan anakan produktif dapat berlangsung dengan optimal. Hal ini karena SRI menerapkan konsep sinergi, dimana semua komponen

teknologi SRI berinteraksi secara positif dan saling menunjang sehingga hasil secara keseluruhan lebih banyak dari pada jumlah masing-masing bagian. berikut merupakan perbandingan metode SRI dengan konvensional :

Tabel 1. Perbedaan sistem tanam padi Organik SRI dengan Konvensional

No	Komponen	Sistem Konvensional	Sistem organik SRI
1	Kebutuhan benih	30 - 40 Kg/ha	5-7 Kg/ha
2	Pengujian benih	tidak dilakukan	dilakukan pengujian
3	Umur di persemaian	20 - 30 HSS	7 - 10 HSS
4	Pengelolaan tanah	3 kali (berlumpur)	2 kali (macak-macak)
5	Perlubang	rata-rata 5 pohon/lubang	pohon/ lubang
6	Posisi akar waktu tanam	tidak teratur	posisi akar horizontal (L)
7	Pengairan	terus digenagi	tidak perlu digenangi
8	Pemupukan	pupuk kimia	pupuk organik
9	Penyiangan	pemberantasan gulma	pengelolaan perakaran

Menurut Berkelaar (2001), Kuswara (2003), dan Wardana (2005) terdapat beberapa komponen penting dalam penerapan SRI yaitu : bibit dipindah lapangan lebih awal (bibit muda), bibit ditanam satu batang perlubang tanam, jarak tanam lebar 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, kondisi tanah tetap lembab tetapi tidak tergenang air (irigasi berselang), menggunakan pupuk dari bahan organik kompos dan mikro organisme local (MOL), dilakukan penyiangan minimal empat kali pada umur 10, 20, 30, dan 40 hari setelah tanam (HST) dan pengendalian hama terpadu.

2.3 Pengaturan Jarak Tanam

Jarak tanam merupakan hal yang cukup penting dalam budidaya suatu tanaman. Dalam pola tanam, tanaman diatur agar tiap tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dan optimal. Hal tersebut tergantung dari jenis tanaman yang akan di tanam. Bila kanopi tanaman tersebut lebar, maka jarak tanam yang dibutuhkan juga semakin lebar. Pada awal pertumbuhan kompetisi belum terjadi karena masih cukup ruang untuk pertumbuhan tanaman, akan tetapi begitu tajuk tanaman dan atau perakaran tanaman saling bersentuhan dan “*overlapping*” pada saat itulah terjadi kompetisi (Sugito, 1994). Jarak tanam juga memegang peranan penting dalam peningkatan produksi. Petani biasanya menggunakan jarak tanam yang tidak teratur, sehingga kemungkinan terjadi kompetisi baik terhadap air, unsur hara maupun cahaya diantara individu tanaman. Jarak tanam menentukan populasi tanaman dalam suatu luasan tertentu, sehingga pengaturan yang baik dapat mengurangi terjadinya kompetisi terhadap faktor tumbuh tersebut. Ada beberapa alternatif model jarak tanam yang ada dalam teknologi pertanian misalnya model jarak tanam dengan bentuk bujur sangkar, empat persegi panjang dan zig-zag. Model jarak tanam yang sering digunakan petani padi ialah model jarak tanam persegi, dengan jarak 20 x 20 cm atau 25 x 25 cm. istilah yang biasa digunakan petani padi untuk model persegi ialah “*sistem tegel*”. Namun untuk penanaman padi sawah dengan metode SRI cenderung memiliki jarak tanam yang lebih lebar dibandingkan dengan petani. Anonymous (2012) mengatakan bahwa jarak tanam lebar dimaksudkan untuk penyerapan unsur hara, sinar matahari dan udara optimal sehingga memberi kesempatan pada tanaman terutama pada pembentukan anakan, pertumbuhan akar dan pertumbuhan lebih optimal. Beberapa jarak tanam yang dapat digunakan dalam budidaya padi SRI ialah 25 x 25 cm, 30 x 30 cm, 40 x 40 cm atau 50 x 50 cm.

2.4 Tinggi Penggenangan dan Waktu Penggenangan Air

Tanaman padi adalah tanaman pangan satu-satunya yang mampu tumbuh pada tanah yang tergenang air karena mampu mengoksidasi daerah perakaran. Hal ini disebabkan oleh adanya jaringan aerenkim pada akar tanaman padi yang dapat mendifusikan oksigen ke daerah perakaran. Oksigen dari daun dialirkan melalui proses difusi ke batang dan akar melalui jaringan korteks dan mencapai perakaran ke jaringan aerenkim. Proses ini mampu mencukupi kebutuhan akar terhadap gas oksigen untuk pernafasannya dan juga mampu mensekresikan gas ini atau zat-zat yang beroksidasi ke daerah perakaran (Taslim *et al.*, 1992).

Penggenangan air merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan air pada padi sawah. Penggenangan air mempunyai dua variable yaitu tinggi atau kedalaman serta jangka waktu. Ketidaktepatan dalam pengelolaan air artinya tidak sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman, maka akan berdampak pada :

1. meningkatnya kehilangan air melalui rembesan dan perkolasi;
2. penggunaan air boros;
3. kehilangan unsur hara, terutama nitrogen dan kalium melalui pencucian dan limpasan permukaan;
4. menciptakan kondisi iklim mikro dalam kanopi tanaman yang cocok bagi pertumbuhan populasi hama atau migrasi larva kerumpun tanaman lainnya dan
5. memicu gas metan lebih cepat. Tinggi penggenangan air memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tanaman padi. Semakin tinggi air, tinggi tanaman meningkat tetapi jumlah anakan menurun (Setiobudi, 1987).

Tanaman padi membutuhkan air cukup banyak, namun genangan air bukan syarat hidup dari padi (Farhan, 2001). Sehingga tata air saat menggenangi dipetak sawah harus disesuaikan dengan kebutuhan tanaman per fase pertumbuhan (Arsyad *et al.*, 1980). Hasil percobaan IRRI (1967) menggambarkan bahwa penggenangan sedalam 2,5 cm memberikan hasil 5 % lebih tinggi dari penggenangan 10 cm. Percobaan lain menunjukkan bahwa pemberian air setinggi 5 cm dan mengalir terus memberikan indeks panen (hasil) 100 %, 5 cm dan tergenang 92,3 % dan 2 cm mengalir terus 85,4 % (Fagi *et al.*, 1987). Berdasarkan penelitian Adisarwanto *et al.*,

(1992) menyatakan bahwa untuk daerah panas di dataran rendah penggenangan yang lebih tinggi dari 7,5 cm dapat menurunkan suhu, sehingga proses pelapukan bahan organik dan penyerapan zat-zat hara seperti K_2O akan berpengaruh terhadap pembentukan klorofil sehingga proses fotosintesis berjalan kurang lancar. Hasil percobaan penggenangan 5 cm dan mengalir terus memberikan indeks panen 100%, sedangkan 5 cm tergenang 92,3% dan tinggi penggenangan 2 cm mengalir terus hanya tercapai 85,4% (Fagi *et al.*, 1988 dalam Farhan 2001).

2.5 Peran Air Bagi Pertumbuhan Tanaman

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi pertumbuhan tanaman. Air akan masuk ke dalam tubuh tumbuhan sebagian besar melalui osmosis pada akar dan dapat juga melalui difusi pada daun. Transpirasi berpengaruh pada kemampuan sel-sel akar untuk menyerap unsur hara. Peningkatan transpirasi mempercepat pengangkutan air dan unsur hara dari akar ke daun (Lakitan, 1995).

Jumlah air yang hilang karena evaporasi dan transpirasi tanaman secara bersama-sama disebut evapotranspirasi. Evaporasi merupakan suatu proses yang tergantung energi yang meliputi perubahan fase cair ke fase gas. Transpirasi memberikan gaya gravitasi dan tahanan gesekan dalam jalur air melalui tanaman. Laju pengambilan air terutama dikendalikan oleh laju transpirasi, tekanan akar dan penyerapan air secara aktif yang hanya memainkan peranan kecil dan hanya tampak apabila transpirasi rendah dan berhenti. Air yang tersedia bagi tanaman sebagian besar merupakan air kapiler yang ditahan oleh tanah pada kelembapan antara 15% - 85% air tersedia telah habis dipakai (Lakitan, 1995). Rismunandar (1993) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang tersedia dalam tanah, karena air mempunyai peranan penting dalam proses kehidupan sehingga kekurangan air akan mengakibatkan kematian.

Harjadi (1979) menyatakan kehilangan air melalui transpirasi oleh tanaman dapat dipandang sebagai pertukaran dengan karbon. Kehilangan air dapat menyebabkan terhentinya pertumbuhan apabila tanpa diikuti oleh penyerapan air yang cukup oleh akar. Tjitrosomo (1987) menegaskan bahwa defisiensi air yang terus

menerus menyebabkan perubahandalam tanaman yang irreversible dan mengakibatkan kematian. Kebutuhan air tanaman terpenuhi melalui penyerapan air oleh akar-akar tanaman, kemudian masuk kedalam tubuh tanaman dan dikeluarkan melalui stomata daun. Bila dihubungkan dengan fase pertumbuhan tanaman evatranspirasi meningkatkan dari awal pertumbuhan tanaman evapotranspirasi meningkatkan dari awal pertumbuhan tanaman hingga fase pemasakan.

Air sangat penting bagi pertumbuhan padi sawah. Selama pertumbuhan, ada masa kritis dimana padi sangat membutuhkan ketersediaan air yang cukup, yaitu pada stadia anakan dan sesudah primordial bunga. Bila pada masa tersebut tanaman kekurangan air maka jumlah anakan dan produksi akan menurun sebab banyak gabah hampa (Taslim *et al.*, 1992). Secara umum tanaman memerlukan air pada keadaan seimbang yaitu, keadaan pada saat air tersedia sama dengan kebutuhan tanaman, tidak kurang, dan tidak lebih. Kekurangan dan kelebihan air dapat mengganggu proses metabolisme bahkan akan mematikan tanaman. Hale dan Orcutt (1987) menyatakan bahwa kekeringan dapat berpengaruh pada pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman. Kekurangan air yang berkepanjangan mengakibatkan tanaman mati.

2.6 Efisiensi Penggunaan Air Bagi Tanaman

Cekaman air tanaman dapat terjadi karena ketersediaan air dalam media tidak cukup atau transpirasi yang berlebihan atau kombinasi keduanya. Tanaman dapat mengalami cekaman air walaupun didalam tanah, air cukup tersedia. Hal ini terjadi jika kecepatan penyerapan air oleh akar tanaman tidak dapat mengimbangi kehilangan air melalui proses transpirasi (Islami dan Utomo, 1995). Kekurangan air dalam tanah akan mengurangi laju serapan air oleh tanaman sehingga kandungan air dalam tanaman akan menurun. Kandungan air dalam tanaman ini secara langsung akan mengendalikan pertumbuhan tanaman. Kekurangan air dalam tanaman akan menghambat perkembangan daun dan perpanjangan akar, mengurangi produksi bahan kering serta hasil. Kekeringan akan mengurangi pertumbuhan vegetatif dan generatif, namun demikian nisbah akar dan bagian tanaman diatas tanah meningkat. Hal ini

disebabkan oleh kemampuan akar untuk mengatur kandungan air secara osmotik untuk mempertahankan pertumbuhannya (Kasno, 1993).

Sistem pengairan *continous flow* merupakan teknik pengairan yang tergolong boros. Kebutuhan air sekitar 1.200 mm/ha/musim pada tingkat efisiensi 80% dan meningkat dengan berkurangnya efisiensi. Teknik pengairan intermiten 4 – 5 hari pada tanah alluvial di daerah pantura tidak menyebabkan terjadinya hari cekaman air, membutuhkan air 800 – 900 mm/ha/musim, sehingga menghemat air 30 – 40% dan meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk urea 25 – 50% (Justika Baharsyah dan Fagi, 1996). Pengerinan selama 10 hari menjelang pembungaan mampu mengurangi penggunaan air irigasi sampai 25% dan meningkatkan produksi padi sebesar 20% (Partowijoto, 2001). Tanaman padi adalah tanaman pangan satu-satunya yang mampu tumbuh pada tanah yang tergenang air karena kemampuannya mengoksidasi daerah perakarannya. Hal ini disebabkan oleh adanya jaringan aerenkhim pada akar tanaman padi yang dapat mendifusikan oksigen kedaerah perakaran. Oksigen dari daun dialirkan melalui proses difusi kebatang dan akar melalui jaringan korteks dan mencapai perakaran ke jaringan aerenkhim. Proses ini mampu mencukupi kebutuhan akar terhadap gas oksigen untuk pernafasannya dan juga mampu mensekresikan gas ini atau zat-zat yang beroksidasi kedaerah perakaran (Taslim *et al.*, 1992).

Sistem irigasi penggenangan terus-menerus pada padi sawah menyebabkan banyaknya air yang terbuang, terutama ketika kanal rusak atau tidak terawat. Irigasi intermitten dengan menjaga air tetap macak-macam bahkan terkadang kering dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air (Shastry *et al.*, 2000). Efisiensi penggunaan air pada budidaya padi sawah dengan kondisi tidak tergenang sebesar 19.581% sedangkan pada pengairan penggenangan terus-menerus efisiensinya sebesar 10.907% (Sumardi *et al.*, 2007).

2.7 Irigasi Berselang (intermittent irrigation)

Pengairan berselang ialah penerapan teknis pengairan dengan mengatur tata air, yaitu mengatur waktu kapan dilakukan penambahan air dan kapan waktu dilakukan pengurangan air. Teknis tersebut dimaksudkan untuk menghemat penggunaan air. Selain itu dimaksudkan untuk memberikan asupan air yang cukup sesuai dengan kebutuhan tanaman padi. Pengairan berselang juga untuk memperbaiki aerasi tanah (lapisan perakaran) agar tidak terlalu lama dalam kondisi anaerobic atau reduktif. Pengairan berselang atau disebut juga intermittent adalah pengaturan kondisi lahan dalam kondisi kering dan terenang secara bergantian sesuai fase pertumbuhan tanaman dan kondisi lahan. Kendala yang dihadapi oleh petani saat ini yaitu kekurangan air terutama dimusim kemarau. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tanaman padi memerlukan air irigasi pada fase tertentu. Untuk mengatasi kelangkaan air pada fase tertentu, dikembangkan beberapa teknik pengelolaan lahan yang efisien dalam penggunaan air. Pengairan berselang dapat menghemat air 15 – 30% tanpa menurunkan hasil panen (Ballitpa, 2009). Subagyono (2001) menambahkan bahwa dengan irigasi berselang hasil padi meningkat sekitar 7% dibandingkan dengan lahan yang terus menerus digenangi. Dalam penerapan pengairan berselang, perlu dipertimbangkan bahwa cara ini dilakukan bergantung pada jenis tanah dan pola pengairan di daerah setempat. Jenis tanah yang bias menahan air lebih berhati-hati dalam menerapkan cara pengairan berselang demikian juga dengan jenis tanah berat. Pada lahan sawa yang sulit dikeringkan karena drainase kurang baik maka pengairan berselang tidak perlu dipraktekkan. Selain itu pola pengairan di wilayah setempat, kalau pengairan sudah ditetapkan berselang setiap 3 hari maka harus mengikuti pola pengairan tersebut.

Interval pergiliran air bervariasi antara 3, 4, 5 sampai 7 hari sekali. Penerapan irigasi berselang berbeda antara suatu tempat dengan tempat lain, karena penerapan sistem tersebut bergantung pada kondisi suatu tempat. Penerapan system ini bersifat spesifik lokasi. Namun secara umum meliputi beberapa tahap, yaitu: tanam bibit dalam kondisi tanah sawah macak-macak. Pergiliran air dilakukan selama 3 – 5 hari, tinggi genangan pada hari pertama 3 cm dan lahan sawa diairi lagi pada hari ke 5.

Cara pengairan ini berlangsung sampai fase anakan maksimal. Petakan sawah digenangi terus mulai fase pembentukan malai sampai pengisian biji. Sekitar 10 – 15 hari sebelum panen lalu sawa dikeringkan (Ballitpa, 2009). Pengecekan kondisi air dapat menggunakan alat sederhana yaitu pipa dari paralon yang sisi-sisinya dilubangi atau bahan lain yang ditanam di tanah. Alat tersebut bertujuan untuk mengetahui status air dalam tanah, sehingga dapat memberikan rekomendasi dalam pengaturan pemberian atau pengurangan jumlah air dalam tanah. Penambahan air sawah dilakukan bila permukaan air berada pada kedalaman 15 – 20 cm.

Table 2. Cara pengeiran yang dipantau dengan tabung paralon berlubang (Balitpa, 2009)

Umur (hst)	Keadaan tanaman	Tinggi genangan (cm)
0	Saat pindah tanaman	0
3 – 10	Anakan aktif	-15 s/d +3
10	Saat pemberian pupuk ke-1 (NPK)	0
21 – 28	Anakan maksimum, saat pemberian pupuk N ke-2	0
30 – 40	Anakan aktif hingga primordia	-15 s/d +3
40	Fase primordia, pemberian pupuk N ke-3	0
40 – 90	Primordia hingga pengisian gabah 10 hari sebelum panen	-15 s/d +3
90 - 100	10 hari sebelum panen	0

Adapun beberapa keuntungan pengairan berselang yaitu meliputi : menghemat air irigasi sehingga areal yang dapat diairi menjadi lebih luas, memberi kesempatan kepada akar untuk mendapatkan udara sehingga dapat berkembang lebih dalam, mencegah timbulnya keracunan besi, mencegah penimbunan asam organik dan gas H₂S yang menghambat perkembangan akar, mengaktifkan jasad renik mikroba yang bermanfaat, mengurangi kerebahan tanaman, mengurangi jumlah anakan yang tidak produktif, menyeragamkan pemasakan gabah dan mempercepat waktu panen,

memudahkan pembenaman pupuk kedalam tanah, memudahkan pengendalian hama keong mas, mengurangi penyebaran hama wereng coklat dan penggerek batang, serta mengurangi kerusakan tanaman padi karena hama tikus.

2.8 Respon Tanaman Terhadap Kelebihan Air

Kelebihan air tanaman disebabkan oleh kondisi dimana lingkungan tempat tumbuh tanaman padi digenangi air. Genangan air tersebut akibat dari akumulasi air yang tidak terdistribusikan dengan baik. Hal tersebut dapat berasal dari tidak ada saluran draenase pada lahan. Disamping itu juga ada berasal dari jenis tanah yang berat. Tanah banyak mengandung liat dan debu sehingga pori tanah kecil dan lebih mudah jenuh air daripada dengan tanah yang banyak mengandung butir pasir. Air dibutuhkan tanaman padi dalam jumlah yang cukup. Stress air sering terjadi pada tanaman padi, baik kelebihan maupun kekurangan. Anonymous (2012) menjelaskan bahwa keberadaan air di alam dapat menjadi pembatas pertumbuhan tanaman, apabila jumlahnya terlalu banyak (menimbulkan genangan) sering menimbulkan cekaman aeresi dan jika jumlahnya terlalu sedikit, sering menimbulkan cekaman kekeringan. Anonymous (2012) juga menambahkan bahwa efek dari kelebihan air jelas akan terlihat pada daerah yang mendapat irigasi, kemudian diberbagai tempat yang dekat dengan daerah tumpukan air bawah tanah. Dampak genangan air yang berlebihan mengakibatkan kandungan lengas tanah di atas kapasitas lapang. Selain itu juga menimbulkan dampak yang buruk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman dengan menurunnya pertukaran gas antara tanah dan udara yang menurunnya ketersediaan O_2 bagi akar, menghambat pasokan O_2 bagi akar dan mikroorganisme (mendorong udara keluar dari pori tanah dan menghambat laju difusi). Hal tersebut akan mengakibatkan tanaman akan terlihat menguning, pertumbuhan terhambat dan kurus, tanaman akan mati. Kondisi genangan juga dapat berdampak pada tersintesisnya beberapa zat kimia. Keberadaan zat kimia tersebut dapat membahayakan pertumbuhan tanaman, karena dapat menjadi racun bagi tanaman bila dalam kondisi yang banyak. Sejalan dengan itu De Datta (1933) menjelaskan bahwa penggenangan pada tanah dapat menyebabkan reduksi kimia Fe dan Mg. variasi asam organik dan gas juga semakin

banyak, misalnya acetic, butyric, CO_2 , metan dan hydrogen sulfide. Khususnya pada zat metan, Apabila tersintesis dalam jumlah yang banyak maka akan dapat menghambat perkembangan akar dan menghambat penyerapan hara.

Pada kondisi genangan < 10 % volume air yang berisi udara. Sebagian besar tanaman pertumbuhan akarnya terhambat bila < 10% volume pori yang berisi udara dan laju difusi O_2 kurang dari $0,2 \text{ ug/cm}^2/\text{menit}$. Keadaan lingkungan kurang dari lingkungan O_2 disebut hipoksia dan keadaan lingkungan tanpa O_2 disebut anoksia (mengalami cekaman aerasi). Kondisi anoksia tercapai pada jangka waktu 6 – 8 jam setelah genangan, karena O_2 terdesak oleh air dan sisa O_2 dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Pada kondisi tergenang kandungan O_2 yang tersisa dit tanah lebih cepat habis bila ada tanaman. Laju difusi O_2 20.000 kali lebih lambat dibandingkan di udara. Laju penurunan O_2 dipengaruhi oleh tekstur tanah.

Pada tanah pasiran kehabisan O_2 terjadi pada 3 hari setelah tergenang sedangkan pada tanah lempung terjadi < 1 hari, porositas lempung lebih rendah dari pada pasiran. Penurunan O_2 dipercepat oleh keberadaan tanaman di lahan, akar tanaman menyerap untuk respirasi. Genangan selain penurunan difusi O_2 masuk kepori juga akan menghambat difusi gas lainnya, misalnya keluarnya CO_2 dan pori tanah. CO_2 terakumulasi di pori, pada tanah yang baru saja tergenang 50% gas terlarut adalah CO_2 sebagian tanaman tidak mampu menahan keadaan tersebut dampak kelebihan konsentrasi CO_2 mempunyai pengaruh lebih kecil dibandingkan defisiensi O_2 genangan mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Struktur tanah rusak, daya lekat agregat tanah lemah, penurunan potensi redoks, peningkatan pH tanah masam, penurunan pH tanah basah, perubahan daya hantar dan kekuatan ion, perubahan keseimbangan hara.

Tanaman yang tergenang menunjukkan gejala klorosis khas kahat N, kekahatan N terjadi karena penurunan ketersediaan N maupun penurunan penyerapannya. Pada kondisi tergenang ketersediaan N dalam bentuk nitrat sangat rendah karena proses denitrifikasi, nitrat diubah menjadi N_2 , NO, N_2O atau NO_2 yang menguap keudara. Pada proses denitrifikasi nitrat digunakan oleh bakteri aerob sebagai penerima electron dalam proses respirasi. Genangan berdampak negative

pada ketersediaan N, tetapi ada pula keuntungan dari timbulnya genangan yaitu peningkatan ketersediaan P, K, Ca, Si, Fe, Mo, Ni, Zn, Pb, Co, unsur tersebut merupakan unsur mikro "immobile" atau tidak cepat hilang (Sarief, 1984).

2.9 Respon Tanaman Terhadap Kekurangan Air

Cekaman kekeringan pada tanaman disebabkan oleh kekurangan suplai air di daerah perakaran dan permintaan air yang berlebihan oleh daun dalam kondisi laju evapotranspirasi melebihi laju absorbs air oleh akar tanaman. Serapan air oleh akar tanaman dipengaruhi oleh laju transpirasi, system perakaran, dan ketersediaan air tanah (Lakitan, 1996). Secara umum tanaman akan menunjukkan respon tertentu bila mengalami cekaman kekeringan dapat dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu :

- a) Cekaman ringan : jika potensi air daun menurun 0,1 Mpa atau kandungan air nisbi menurun 8 – 10 %
- b) Cekaman sedang : jika potensi air daun menurun 1,2 s/d 1,5 Mpa atau kandungan air nisbi menurun 10 – 20 %
- c) Cekaman berat : jika potensi air daun menurun >1,5 Mpa atau kandungan air nisbi menurun > 20 %

Kekurangan air akan mengganggu aktifitas fisiologis maupun morfologis, sehingga mengakibatkan pertumbuhan terhenti. Lebih lanjut Anonymous (2012) mengemukakan bahwa apabila tanaman kehilangan lebih dari setengah air jaringannya dapat dikatakan bahwa tanaman mengalami kekeringan. Defisiensi air yang terus menerus akan menyebabkan perubahan irreversible (tidak dapat balik) dan pada gilirannya tanaman akan mati. Respon tanaman terhadap stress air sangat ditentukan oleh tingkat stres yang dialami dan fase pertumbuhan tanaman saat mengalami cekaman. Respon tanaman yang mengalami cekaman kekeringan mencakup perubahan ditingkat seluler dan molekuler seperti perubahan pada pertumbuhan tanaman, volume sel menjadi lebih kecil, penurunan luas daun, daun menjadi tebal, adanya rambut pada daun, peningkatan rasio akar tajuk, sensitivitas stomata, penurunan laju fotosintesis, perubahan metabolisme karbon dan nitrogen, perubahan produksi aktifitas enzyme dan hormon, serta perubahan ekspresi gen

(Kramer, 1980). Campbell (2003) juga menjelaskan bahwa tumbuhan merespon kekurangan air dengan mengurangi laju transpirasi untuk menghemat air. Terjadinya kekurangan air pada daun akan menyebabkan sel penjaga kehilangan turgornya. Suatu mekanisme control tunggal yang memperlambat transpirasi dengan cara menutup stomata. Kekurangan air juga merangsang peningkatan sintesis dan pembebasan asam absisat dari sel mesofil daun. Hormon ini membantu mempertahankan stomata tetap tertutup dengan cara bekerja pada membran sel penjaga. Daun juga respon terhadap kekurangan air dengan cara lain karena pembesaran sel adalah suatu proses yang tergantung pada turgor, maka kekurangan air akan menghambat pertumbuhan daun muda. Respon ini meminimumkan kehilangan air melalui transpirasi dengan cara memperlambat peningkatan luas permukaan daun. Ketika daun dari kebanyakan tumbuhan lain layu akibat kekurangan air, maka daun tersebut akan menggulung menjadi suatu bentuk yang dapat mengurangi transpirasi dengan cara memaparkan sedikit saja permukaan daun kematahari.

Kedalaman perakaran sangat berpengaruh terhadap jumlah air yang diserap. Pada umumnya tanaman dengan pengairan yang baik mempunyai system perakaran yang lebih panjang daripada tanaman yang tumbuh pada tempat yang kering. Rendahnya kadar air tanah akan menurunkan perpanjangan akar, kedalaman penetrasi dan diameter akar. Senyawa biokimia yang dihasilkan tanaman sebagai respon terhadap kekeringan dan berperan dalam penyesuaian osmotik bervariasi, antara lain gula, asam amino, dan senyawa terlarut yang kompatibel. Senyawa osmotik yang banyak dipelajari pada toleransi tanaman terhadap kekeringan antara lain prolin, asam absisik, protein dehisrin, total gula, pati, sorbitol, vitamin C, asam organik, aspargin, glisin-betain, serta superoksida dismutase dan K^+ yang bertujuan untuk menurunkan potensial osmotik sel tanpa membatasi fungsi enzim.

2.10 Sifat Fisik Tanah

Tanah mempunyai beberapa karakteristik yang terbagi dalam tiga kelompok antara lain adalah sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologi. Sifat fisik tanah antara lain adalah tekstur, permeabilitas, infiltrasi, dan lain sebagainya. Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik tanah yang berbeda. Usaha untuk memperbaiki kesuburan tanah tidak hanya terhadap perbaikan sifat kimia dan biologi tanah tetapi juga perbaikan sifat fisik tanah. Perbaikan sifat fisik tanah dapat dilakukan dengan pengolahan tanah, perbaikan struktur tanah dan meningkatkan bahan organik tanah. Selain itu sifat fisik tanah yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Kondisi fisik tanah menentukan penetrasi akar dalam tanah, retensi air, drainase, aerasi dan nutrisi tanaman. Sifat fisik tanah juga mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah. Sifat fisik tanah melalui tekstur, struktur, kepadatan tanah, porositas, konsistensi, warna, air tanah, temperature, aerasi. Tekstur tanah disusun oleh butir tanah dengan berbagai ukuran. Bagian butir tanah yang berukuran lebih dari 2 mm disebut bahan kasar tanah seperti krikil, koral sampai batu. Bagian butir tanah yang berukuran kurang dari 2 mm disebut bahan halus tanah. Bahan halus tanah dibedakan menjadi : (1) Pasir, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,050 mm sampai dengan 2 mm. (2) Debu, yaitu butiran tanah yang berukuran antara 0,002 mm sampai dengan 0,050 mm. (3) Liat, yaitu butir tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm. menurut Hardjowigeno (1992) tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan antara butir pasir, debu dan liat. Tekstur tanah dikelompokkan dalam 12 klas tekstur.

Tekstur tanah memiliki beberapa hubungan dengan komponen tanah lain. Adapun hubungan tersebut meliputi hubungan tekstur tanah dengan daya menahan air dan ketersediaan hara, hubungan tekstur tanah dengan kadar air. Tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi. Tanah bertekstur halus lebih aktif dalam reaksi kimia yang lebih kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tekstur tanah yang berbeda mempunyai kemampuan menahan air yang berbeda pula. Tanah bertekstur halus, sebagai contoh : tanah bertekstur liat, memiliki ruang pori halus

yang lebih banyak, sehingga kemampuan menahan air lebih banyak. Sedangkan tanah yang bertekstur kasar, seperti contoh : tanah bertekstur pasir, memiliki ruang pori halus lebih sedikit, sehingga kemampuan menahan air lebih sedikit pula.

Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya adhesi, kohesi dan gravitasi. Hartdjourigeno (1992) menjelaskan bahwa air terdapat dalam tanah karena ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahap oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Karena adanya gaya tersebut maka air dalam tanah dapat dibedakan menjadi : (1) Air hidroskopik adalah air yang diserap tanah sangat kuat sehingga tidak dapat digunakan tanaman, kondisi ini terjadi karena adanya gaya adhesi antara tanah dan air. Air hidroskopik merupakan selimut air pada permukaan butir tanah. (2) Air kapiler adalah air dalam tanah dimana daya kohesi (gaya tarik menarik antara sesama butir air) dan daya adhesi (antara air dan tanah) lebih kuat dari gravitasi. Air ini dapat bergerak secara horizontal (kesamping) atau vertical (keatas) karena gaya kapiler. Sebagian besar dari air kapiler merupakan air yang tersedia (dapat diserap) bagi tanaman. Dalam menentukan jumlah air tersedia bagi tanaman beberapa istilah dibawah ini perlu dipahami, yaitu : (1) kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air yang banyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan oleh tanah tersebut terus menerus diserap oleh akar tanaman atau menguap sehingga tanah semakin lama semakin kering. Pada suatu saat akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air tersebut sehingga tanaman menjadi layu (titik layu permanen). (2) titik layu permanen adalah kandungan air tanah dimana akar tanaman mulai tidak mampu lagi menyerap air dari tanah, sehingga tanaman menjadi layu. Tanaman akan tetap layu baik pada siang hari maupun malam hari. (3) Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman, yaitu selisih antara kadar air pada kapasitas lapang dikurangi dengan kadar air pada titik layu permanen.

Kandungan air pada kapasitas lapang ditunjukkan oleh kandungan air pada tegangan $1/3$ bar, sedangkan kandungan air pada titik layu permanen adalah pada tegangan 15 bar. Air yang tersedia bagi tanaman adalah air yang terdapat pada tegangan antara $1/3$ bar sampai dengan 15 bar. Besarnya kandungan air dalam tanah

berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (*moisture tension*) dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air tersebut didalam tanah. Tegangan diukur dalam bar atau atmosfer atau cm air atau logaritma dari cm air yang disebut pF. Satuan bar dan atmosfer sering dianggap sama karena $1 \text{ atm} = 1,0127 \text{ bar}$. Kemampuan tanah menahan air dipengaruhi antara lain oleh tekstur tanah. Tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil dari pada tanah bertekstur halus. Oleh karena itu, tanaman yang ditanam pada tanah pasir umumnya lebih mudah kekeringan daripada tanah bertekstur lempung atau liat. Kondisi kelebihan air ataupun kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

Hubungan tekstur tanah liat dengan kondisi air dan hara tanah. Tekstur liat ialah perbandingan antara partikel pasir, debu, dan liat namun masih didominasi oleh partikel liat dengan kata lain kandungan partikel liat pada tanah lebih banyak dari partikel lainnya. Partikel ini akan bergabung secara alamiah yang dipengaruhi oleh batuan induk lokasi tersebut. Dalam interaksi dengan komponen di tanah lainnya, partikel liat akan bergabung membentuk kompleks liat pada lapisan ini dan terhindar dari proses pencucian serta bermuatan listrik yang mampu mengikat unsur hara bagi tanaman. Hal ini sesuai pendapat Ali Kemas (2005) bahwa kehilangan unsur hara karena terjadi pencucian sangat kecil karena merupakan zona pemupukan yang kurang banyak mengandung bahan organik dan mineralisasi, lebih tinggi kandungan liatnya yang bermuatan negative akan menarik ion bermuatan positif. Pada lapisan inilah banyak kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Sesuai dengan pendapat Sarief (1998) bahwa kemampuan air dan unsur hara tinggi pada tanah yang kandungan litany tinggi karena luas permukaan besar, partikel liat akan bergabung membentuk kompleks liat pada lapisan ini dan terhindar dari proses pencucian serta bermuatan listrik mampu mengikat unsur hara bagi tanaman.