

I. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Syarat Tumbuh Tanaman Padi

Sistem pembudidayaan tanaman padi di Indonesia secara garis besar dikelompokkan menjadi dua, yaitu padi sawah dan padi gogo. Sumber air seluruhnya tergantung pada curah hujan. Tanaman padi dapat hidup baik didaerah yang berhawa panas dan banyak mengandung uap air. Curah hujan yang baik rata-rata 200 mm per 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 23 °C.

Tinggi tempat yang cocok untuk tanaman padi berkisar antara 0-1500 m dpl (diatas permukaan laut). Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi adalah 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 atasnya antara 18-22 cm dengan pH antara 4-7 (Purnomo dan Purnamawati, 2009).

1.2. Peranan Air untuk Pertumbuhan Tanaman Padi

Tanaman padi membutuhkan air untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Sekitar 70-90% air terdapat dalam tubuh tanaman, akan tetapi kandungan air sangat bervariasi tergantung pada spesies, jaringan tertentu, umur tanaman serta lingkungannya. Secara biologi air memiliki peranan penting dalam proses metabolisme tanaman dan biota tanah juga dapat berperan sebagai donor oksigen yang terlarut dalam air untuk tanaman atau biota tanah saat kondisi air jenuh dengan pemberian oksigen melalui air yang mengalir. Produksi tanaman sangat bergantung pada sifat tanah dan kandungan air di dalam tanah (Abas dan Abdurachman, 2006).

Secara umum tanaman memerlukan air dalam kondisi seimbang yaitu, keadaan pada saat air tersedia sama dengan kebutuhan tanaman. Kekurangan dan

kelebihan air dapat mengganggu proses metabolisme bahkan akan menyebabkan tanaman mati.

1.3. Penggenangan

Menurut Siregar (1981), irigasi atau pengairan merupakan suatu usaha untuk memberikan air untuk keperluan pertanian, pemberian air dilakukan secara teratur pada daerah pertanian yang membutuhkan, kemudian setelah dipergunakan, air dibuang ke saluran pembuangan air secara teratur pula. Irigasi bertujuan untuk pertumbuhan tanaman, melembabkan tanah dan atmosfer, sehingga dapat menimbulkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanaman, menghilangkan zat-zat yang ada dalam tanah yang tidak baik bagi tanaman, melunakkan tanah bagi pengerjaan lahan dan menghindarkan gangguan dalam dan di atas tanah seperti serangan hama dan gulma, serta dapat mengalirkan air yang mengandung zat-zat berguna bagi tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian Dhini (2008), budidaya padi sawah akan mengubah keaslian dari sifat fisik tanah. Penggenangan akan merusak agregasi tanah, potensial reduksi tanah akan menurun, suhu akan lebih rendah dan tegangan air akan turun. Kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhan berbeda-beda. Pada fase pertumbuhan vegetatif kebutuhan air cukup banyak. Penggenangan air dilakukan setelah transplanting untuk memberikan lingkungan yang baik bagi perakaran, sedangkan kebutuhan air pada fase pematangan sedikit sekali. Penggenangan tidak dilakukan lagi setelah malai mencapai stadia kuning. Menurut Juliardi (2007), kebutuhan air untuk padi sawah sebanyak 0,74-1,21 l/det/ha atau 6,39-10,37 mm/hari/ha. Jika lahan tersebut tidak digenangi atau hanya macak-macak konsumsi air yang dibutuhkan sebanyak 4355 m³ pada musim kemarau dan 2457 m³ pada musim hujan.

Menurut Kurniarahmi (2005) terdapat interaksi antar waktu penggenangan terhadap jumlah anakan dan jumlah anakan produktif. Keterlambatan penggenangan akan meningkatkan jumlah anakan maksimum sementara jumlah anakan produktif

akan menurun. keterlambatan penggenangan dan stress air juga akan menurunkan bobot gabah/malai.

Prasetyo (2002) mengemukakan bahwa pengairan yang hemat dilakukan dengan pemberian air secara terputus-putus atau *intermittent* dengan mengatur ketinggian genangan sesuai dengan tahapan pertumbuhan tanaman padi. Hal yang sejalan juga diungkapkan oleh Utomo dan Nazaruddin (2003) yang mengemukakan pengaliran air secara terus-menerus dari satu petakan ke petakan lain atau penggenangan dalam petakan sawah secara terus-menerus selain boros air juga berakibat kurang baik terhadap pertumbuhan tanaman. Air yang diberikan dalam jumlah yang cukup banyak dapat juga mencegah pertumbuhan gulma dan mengantisipasi serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

Kemampuan tanaman terhadap cekaman air secara umum, termasuk penggenangan dapat dicirikan dengan peningkatan kadar etilen. Hormon etilen dapat merangsang pembentukan jaringan aerenchima dan pemunculan akar-akar dan tunas baru sebagai mekanisme adaptasi padi terhadap genangan. Penggenangan dapat menghambat perkecambahan dan pertumbuhan fase-fase awal tanaman padi sawah (Arsana, Yahya, Lontoh dan Pane, 2003)

1.4. Peranan Pupuk Nitrogen untuk Pertumbuhan Tanaman Padi

Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan tanaman, dikarenakan perannya dalam memacu pertumbuhan vegetatif (Syekhfani, 1997). Pergerakan NH_4^+ , selain dipengaruhi oleh faktor-faktor pergerakan (aliran massa dan difusi) secara umum, juga ditentukan oleh besarnya hidrolisis urea (seperti enzim urease, air tanah) dan juga faktor penentu nitrifikasi (seperti pH, air tanah, aktivitas bakteri nitrifikasi) (Tillman dan Scotese, 1991). Dibandingkan dengan NO_3^- , maka pergerakan NH_4^+ lebih lambat. Hal ini dikarenakan oleh ion NH_4^+ merupakan kation yang dapat teradsorpsi dipermukaan koloid tanah, sehingga gerakan difusinya akan lebih kecil dibandingkan NO_3^- yang senantiasa bebas larut di larutan tanah (Wild, 1981).

Menurut Muklis dan Fauzi (2003) bahwa nitrogen merupakan unsur hara yang bermuatan positif (NH_4^+) dan negatif (NO_3^-), yang mudah hilang atau menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa proses yang menyebabkan ketidakterersediaan N dari dalam tanah adalah proses pencucian (*leaching*) NO_3^- . Denitrifikasi NO_3^- menjadi N_2 , volatilisasi NH_4^+ menjadi NH_3 , terfiksasi oleh mineral liat atau dikonsumsi oleh mikroorganisme tanah.

Pupuk Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ merupakan pupuk yang mengandung 46% N, sangat mudah larut dalam air dan bereaksi cepat, juga mudah diubah menjadi ion ammonium (NH_4^+) yang dapat diserap oleh tanaman (Novizan, 2003). Pemupukan urea rentan kehilangan melalui pencucian, erosi dan penguapan. Dosis dan waktu pemberian yang tepat akan mampu menekan kehilangan N dan meningkatkan penyediaan untuk tanaman. Nitrogen tersedia akan berpengaruh pada produksi dan kualitas tanaman (Engelstad, 1997).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Kelurahan Klandungan, Malang, Jawa Timur, penambahan dosis pemupukan N dapat meningkatkan hasil gabah kering. Untuk tanaman padi sawah, varietas IR-64, tanpa pupuk N hanya menghasilkan 2,77 t/ha gabah kering, pemupukan 50 kg urea/ha menghasilkan 3,59 t/ha, pemberian pupuk 100 kg urea/ha dapat diperoleh 4,63 t/ha, sedangkan pemupukan 150 kg urea/ha menghasilkan gabah kering 6,59 t/ha (Kamsurya, Sebayang dan Guritno, 2002).

1.4.1. Mekanisme Penyediaan Hara Nitrogen

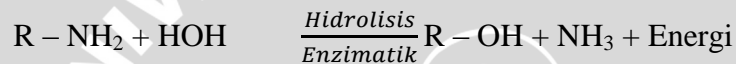
Tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar atau melalui daun. Unsur C dan O diambil tanaman dari udara sebagai CO_2 melalui stomata daun dalam proses fotosintesis. Unsur H diambil dari air tanah (H_2O) oleh akar tanaman. Tanaman menyerap unsur hara dalam tanah umumnya dalam bentuk ion. Cadangan Nitrogen utama adalah nitrogen bebas (N_2), yang meliputi 78 % dari komposisi atmosfer. Dalam bentuk ini nitrogen tidak tersedia bagi tanaman. Masuknya nitrogen ke dalam biosfer disebabkan oleh adanya kegiatan jasad mikro pengikat nitrogen, baik yang

hidup secara bebas maupun yang bersimbiosis dengan tanaman. Hasil simbiosis digunakan oleh tanaman untuk membentuk asam amino dan protein.

Dari tanaman mati atau jasad mikro (bahan organik), bakteri pembusuk melepaskan asam amino dari protein dan bakteri amonifikasi melepaskan ammonium dari grup amino dan selanjutnya dilarutkan dalam larutan tanah. Reaksi yang terjadi digambarkan sebagai berikut :

Protein dan senyawa serupa + Pencernaan Enzimatis $\xrightarrow{\text{aminisasi}}$ Senyawa Amino Kompleks + CO₂ + E + hasil Lain

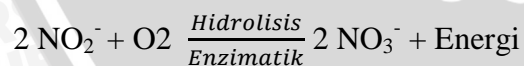
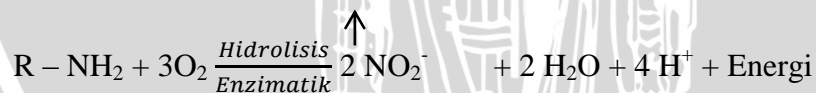
Senyawa kompleks amino melalui proses enzimatik (amonifikasi) dapat diubah menjadi ammonium :



Kombinasi amino :



Proses ini berlangsung pada tanah yang memiliki drainase dan beraerasi baik dan mengandung banyak kation basa. Selanjutnya Ammonium (NH₄⁺) yang dihasilkan dimanfaatkan oleh jasad *amonifikasi* atau organisme lain, diserap oleh tanaman dan diikat oleh ion ammonium. Ammonium ini dapat dioksidasi oleh bakteri tertentu menjadi nitrit dan nitrat. Proses yang terjadi adalah :



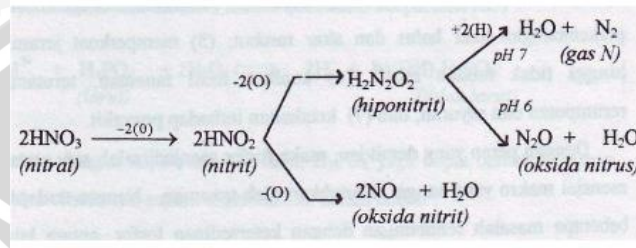
Dalam keadaan yang mendukung, perubahan bentuk kedua (NO₂) berlangsung begitu cepat menyusul dari reaksi pertama, sehingga penimbunan nitrit tidak terjadi.

Nitrogen nitrat yang terjadi, dapat hilang dalam empat cara, antara lain :

1. Digunakan oleh jasad mikro
2. Diserap oleh tanaman

3. Hilang bersama air
4. Hilang ke atmosfer dalam bentuk gas

Dalam keadaan tertentu, terutama kondisi drainase dan aerasi buruk, kemungkinan besar nitrat direduksi, hingga sebagian dari nitrogen hilang dalam bentuk gas (*volatilisasi*). Organisme heterotropik sangat berperan dalam kehilangan ini. Proses yang terjadi dapat dijelaskan menurut reaksi pada Gambar berikut ini



Gambar 1. Reaksi Kimia Proses Volatilisasi

Atau secara kimia, misalnya dengan cara penambahan garam ammonium (urea) pada tanah yang bernitrit akan menyebabkan N menguap dalam bentuk gas



Kehilangan nitrat dan ammonium melalui mekanisme pelindian (*leaching*) merupakan salah satu penyebab penurunan kadar N dalam tanah (Goeswono, 1985).

1.5. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Air Tersedia dalam Tanah

Menurut Islami dan Utomo (1995), ada beberapa faktor yang mempengaruhi simpanan lengas tanah yang meliputi curah hujan/ irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi dan tingginya muka air tanah.

1. Curah hujan / irigasi

Rachmaini (2004) mengemukakan bahwa iklim sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air tanah. Unsur utama iklim yang sangat mempengaruhi ketersediaan air di lahan adalah curah hujan, lama penyinaran matahari dan keadaan musim sepanjang tahun. Tersedianya air tanah tergantung dari intensitas dan besarnya curah hujan yang diterima oleh suatu lahan. Lamanya penyinaran matahari juga akan mempengaruhi

jumlah air yang diuapkan dari permukaan tanah dan tanaman. Semakin besar jumlah air yang diuapkan, jumlah air tersedia akan semakin sedikit. Apabila pada musim kemarau berlangsung lama sepanjang tahun, jumlah air tersedia akan semakin sedikit.

2. Besarnya Evapotranspirasi

Menguapnya air dari permukaan tanah dan tanaman (evapotranspirasi) dapat menyebabkan berubahnya kandungan air tersedia dalam tanah. Semakin besar evapotranspirasi terjadi maka semakin besar air tersedia dalam tanah yang hilang dan sebaliknya semakin kecil evapotranspirasi terjadi maka semakin sedikit air tersedia dalam tanah yang hilang (Islami dan Utomo, 1995).

3. Tinggi Muka Air Tanah

Menurut Sari (2007), muka air tanah yang tinggi dapat menyebabkan kondisi tanah jenuh air yang berarti semakin tinggi muka air tanah maka dapat menyebabkan ketersediaan air dalam tanah semakin tinggi.

1.6. Sejarah Aplikasi Cropwat for Windows

Cropwat for windows merupakan suatu sistem untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh *Land and Water Development Division* pada FAO sebagai perencanaan dan pengelolaan irigasi. *Cropwat for windows* dimaksudkan sebagai aplikasi praktis dalam menyelesaikan kalkulasi secara baku untuk acuan evapotranspirasi, kebutuhan air dan kebutuhan irigasi dalam kegiatan pertanian (Marica, 2008).

Dalam metode perhitungan banyaknya air irigasi yang dibutuhkan adalah menggunakan model *Cropwat for windows* dengan memasukkan data rata-rata temperatur ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban, penyinaran matahari, kecepatan angin serta letak astronomis (bujur dan lintang) dan selanjutnya dimasukkan data curah hujan (FAO, 1988).

Metode ini berdasarkan prosedur FAO 24 yang diterbitkan pada tahun 1977 yang telah direkomendasikan secara menyeluruh pada pendugaan evapotranspirasi berlebih (Smith dan Kivumbi, 2005).

Cropwat for windows sangat sensitif untuk iklim dan data pertumbuhan tanaman. Program ini merupakan alat yang mudah untuk membantu perhitungan standar untuk menentukan gambaran dalam mengatur penjadwalan irigasi dan untuk merubah irigasi menjadi baik serta merencanakan penjadwalan irigasi di bawah kondisi ketersediaan air yang bermacam-macam (Priyono, 2008).

1.7. Kebutuhan Air Tanaman Padi

Produksi tanaman dapat optimal apabila jumlah air yang dibutuhkan cukup selama masa pertumbuhannya. Jumlah air yang cukup memenuhi untuk pertumbuhan tanaman sering juga disebut sebagai kebutuhan air tanaman (CWR) (Santosa, 2006). Kebutuhan air setiap tanaman berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah, kondisi iklim tempat tumbuh tanaman dan lamanya periode pertumbuhan. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman merupakan jumlah air yang dievapotranspirasikan dan besarnya tergantung dengan keadaan iklim dan fase pertumbuhannya (Wirosoedarmo, 2010).

A. Kebutuhan air pada berbagai tahap pertumbuhan tanaman

Menurut Santosa (2006), Tahap pertumbuhan tanaman padi dibagi menjadi : (a) persemaian (10-30 HSS) ; (b) periode pertumbuhan vegetatif (0-60 HST) ; (c) periode reproduktif atau generatif (50-100 HST) dan (d) periode pematangan (100-120 HST).

1. Periode Persemaian

Periode ini merupakan awal pertumbuhan yang mencakup tahap perkecambahan benih serta perkembangan *radicle* (akar muda) dan *plume* (daun muda). Selama periode ini air yang dikonsumsi sedikit sekali. Apabila benih tergenang cukup dalam pada waktu yang cukup lama sepanjang periode perkecambahan, maka pertumbuhan *radicle* akan terganggu karena kekurangan oksigen.

2. Pertumbuhan Vegetatif

Periode ini merupakan periode berikutnya setelah tanam (*transplanting*) yang mencakup (a) tahap pemulihan dan pertumbuhan akar (0-10 HST), (b) tahap pertumbuhan anakan maksimum (10-50 HST) dan (c) pertunasan efektif dan pertunasan tidak efektif (35-45 HST). Selama periode ini akan terjadi pertumbuhan jumlah anakan. Setelah tanam, kelembaban yang cukup diperlukan untuk perkembangan akar-akar baru. Kekeringan yang terjadi pada periode ini akan menyebabkan pertumbuhan yang buruk dan hambatan pertumbuhan anakan sehingga mengakibatkan penurunan hasil. Pada tahap berikutnya setelah tahap pertumbuhan akar, genangan dangkal diperlukan selama periode vegetatif ini. Beberapa kali pengeringan membantu pertumbuhan anakan dan juga merangsang perkembangan sistem akar untuk berpenetrasi ke lapisan tanah bagian bawah. Fungsi respirasi akar pada periode ini sangat tinggi sehingga ketersediaan udara (aerasi) dalam tanah dengan cara drainase (pengeringan lahan) diperlukan untuk menunjang pertumbuhan akar yang mantap. Selain itu drainase juga dapat membantu menghambat pertumbuhan anakan yang tidak efektif.

3. Periode Reproduksi (Generatif)

Periode ini mengikuti periode anakan maksimum dan mencakup tahap perkembangan awal malai (40-50 HST), masa bunting (50-60 HST), pembentukan bunga (60-80 HST). Kondisi ini dicirikan dengan pembentukan dan pertumbuhan malai. Pada periode ini mengkonsumsi banyak air dan kekeringan yang terjadi pada periode ini akan menyebabkan beberapa kerusakan yang disebabkan oleh terganggunya pembentukan malai, *heading*, pembungaan dan *fertilisasi* yang berakibat pada peningkatan *sterilitas* sehingga dapat mengurangi hasil.

4. Periode Pematangan (*Ripening* atau *Fruiting*)

Periode ini merupakan periode terakhir dimana termasuk tahapan pembentukan susu (80-90 HST), pembentukan pasta (90-100 HST), matang kuning (100-110 HST) dan matang penuh (110-120 HST). Selama periode ini sedikit air diperlukan dan secara terus – menerus sampai sama sekali tidak memerlukan air sesudah periode matang kuning. Selama periode ini drainase perlu dilakukan, akan tetapi pengeringan yang terlalu awal akan mengakibatkan bertambahnya gabah

hampa dan beras pecah, sedangkan pengeringan yang terlambat mengakibatkan kondisi kondusif tanaman rebah.

Pada periode vegetatif jumlah air yang dikonsumsi sedikit, sehingga kekurangan air pada periode ini tidak mempengaruhi hasil secara nyata, akan tetapi tanaman sudah pulih dan sistem perakarannya sudah mapan. Tahapan sesudah *panicle primordia*, khususnya pada masa bunting, *heading* dan pembungaan memerlukan air yang cukup. Kekurangan air selama periode tersebut menghasilkan pengurangan hasil. Dengan demikian program irigasi pada areal dimana jumlah air irigasi terbatas untuk menggenangi sawah pada seluruh periode, prioritas harus diberikan untuk memberikan air irigasi selama periode pemulihan dan pertumbuhan akar serta seluruh pertumbuhan reproduktif (Santosa, 2006)

