2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Umum Tanaman Tomat

Tomat adalah tanaman semusim yang berbentuk perdu atau semak. Tomat termasuk ke dalam sub divisi Angiospermae (tanaman berbunga), kelas Dicotyledonae (berkeping dua), bangsa Solanales, suku Solanaceae, marga Lycopersicon, dan spesies *Lycopersicon esculentum* Mill. Tanaman tomat merupakan sayuran Solanaceae yang paling luas ditanam di Indonesia setelah kentang (Rubatzky dan Yamaguchi, 2004).

Tomat memiliki akar tunggang dan akar-akar cabang yang menyebar ke semua arah (Rubatzky dan Yamaguchi, 2004). Batang tanaman tomat berwarna hijau, berbentuk persegi empat hingga bulat, berbatang lunak tetapi cukup kuat, berbulu atau berambut halus. Daun tanaman tomat berbentuk oval dengan tepi bergerigi dan membentuk celah-celah yang menyirip serta agak melengkung ke dalam. Bunga tanaman tomat berukuran kecil, berdiameter sekitar 2 cm, dan berwarna kuning. Bunga tomat merupakan bunga sempurna, karena benang sari atau tepung sari dan kepala benang sari atau kepala putik terletak pada bunga yang sama. Buah tomat memiliki bentuk yang bervariasi tergantung varietas, antara lain bulat, agak bulat, agak lonjong dan bulat telur (oval). Diameter buah antara 2-15 cm tergantung varietas. Biji tomat saling melekat karena adanya lendir pada ruang – ruang tempat biji tersusun. Biji tomat berukuran 3-5 mm, datar, dan memiliki bulu berwarna abu-abu pada kulit bijinya (Tugiyono, 2005).

Menurut Wiryanta (2008), berdasarkan tipe pertumbuhan tanaman tomat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Tipe determinate, yaitu tanaman tomat yang pertumbuhannya akan terhenti pada ketinggian tertentu dan diakhiri dengan pertumbuhan rangkaian bunga atau buah. Tipe pertumbuhan ini memiliki umur panen relatif lebih pendek dan pertumbuhan batangnya cepat. Tanaman tomat tipe determinate biasanya mulai berbunga pada umur 28-30 hari setelah tanam dan mulai berbuah pada umur 55-62 hari setelah tanam. Varietas tomat yang memiliki tipe pertumbuhan ini antara lain Ratna, Intan, Tymoti, Mutia, dan Berlian.
2. Tipe indeterminate (tidak terbatas), yaitu tanaman tomat yang pertumbuhannya tidak diakhiri dengan tumbuhnya bunga dan buah, biasanya memiliki tinggi

antara 1,6-2 meter. Tipe pertumbuhan ini memiliki umur panen yang relatif lama, pertumbuhan batangnya relatif lambat. Varietas tomat yang memiliki tipe pertumbuhan ini antara lain Money maker, Gondol, Santa, Belgia, dan Apel.

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Tomat

Tanaman tomat dapat tumbuh baik pada dataran tinggi maupun dataran rendah, kondisi tanah yang gembur, sedikit mengandung pasir dan banyak mengandung humus (Tugiyono, 2005). Sifat kimia tanah seperti kemasaman tanah (pH) sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat. Tanaman tomat dapat tumbuh dengan optimal pada kisaran pH 5,5-6,8. Derajat keasaman tanah (pH) selain dapat berpengaruh secara langsung terhadap pertumbuhan, dapat berpengaruh juga terhadap kegiatan mikroorganisme tanah, terutama dalam proses penguraian bahan organik dan ketersedian zat-zat hara yang dapat diserap oleh tanaman tomat (Tim Bina Karya Tani, 2009).

Desmarina (2009) menyatakan bahwa frekuensi penyinaran matahari berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman tomat. Tanaman tomat memerlukan sinar matahari minimal 8 jam per hari, karena memerlukan sinar matahari yang cukup untuk pembentukan klorofil, pertumbuhan, dan produksi yang maksimal. Tanaman tomat yang kekurangan penyinaran akan menjadi lemah dan pucat (Tim Bina Karya Tani, 2009).

Suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah 24-28 ^{0}C. Suhu yang terlalu rendah akan mengakibatkan pertumbuhan terhambat. Pembungaan tanaman tomat memerlukan suhu malam hari sekitar 15-20 °C. Suhu yang terlalu tinggi di malam hari menyebabkan tanaman tomat tidak dapat membentuk bunga, sedangkan pada suhu kurang dari 10 ^{0}C menyebabkan tepung sari sulit mengalami pembuahan sehingga perkembangan bunga dan buahnya kurang sempurna. (Tugiyono, 2005).

Menurut Cuartero dan Fernandez (1999), tanaman tomat masih dapat tumbuh pada tanah salin dengan batas toleransi 1,3-6 dS/m. Kebanyakan kultivar tomat bersifat sensitif terhadap salinitas pada semua tahapan perkembangan tanaman, termasuk perkecambahan, pertumbuhan vegetatif, dan reproduksi yang menyebabkan penurunan hasil ekonomis tomat pada cekaman salinitas. Oleh karena itu, tomat akan mudah mengalami kerusakan sel saat hidup pada media

dengan salinitas tinggi. Meskipun demikian, tomat dapat bertahan hidup dengan mengurangi hasil ekonomisnya.

2.3 Salinitas Tanah

Salinitas merupakan tingkat atau kadar garam yang terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Tanah dikatakan salin apabila mengandung banyak garam terlarut sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman. Berdasarkan penyebabnya, lahan salin dibagi menjadi dua macam yaitu lahan salin primer dan lahan salin sekunder. Lahan salin primer terjadi secara alami dan terdapat 7% di permukaan bumi, sedangkan lahan salin sekunder terjadi akibat aktifitas manusia (Barret dan Lennard, 2002).

Beberapa faktor yang menyebabkan tanah bersifat salin antara lain : (1) tanah tersebut mempunyai bahan induk yang mengandung deposit garam, (2) intrusi air laut yaitu naiknya batas antara permukaan air tanah dan permukaan air laut ke arah daratan, (3) pengaruh iklim mikro dimana tingkat penguapan melebihi tingkat curah hujan secara tahunan (Sposito, 2008). Penguapan yang berlangsung cepat maka akan menyebabkan terkumpulnya garam dalam tanah. Air yang menguap dari dalam tanah akan menarik air tanah ke atas sehingga meninggalkan garam beserta kerak di permukaan tanah atau lapisan yang banyak mengandung garam yang disebut horizon silikon atau kristal.

Tabel 1. Klasifikasi kadar garam yang dapat larut dalam tanah menurut Daya Hantar Listrik jenuh (Poerwowidodo, 2002)

Kelas Salinitas Tanah	EC (dS/m)
Bebas garam (normal)	0-2
Agak bergaram (salin rendah)	>2-4
Bergaram cukup (salin sedang)	>4-8
Bergaram agak banyak (salin tinggi)	>8-15
Bergaram banyak (salin sangat tinggi)	>15

Tanah salin mempunyai kadar garam (NaCl) netral yang larut dalam air sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Salinitas tidak hanya disebabkan oleh NaCl tetapi juga oleh Na_2CO_3, $NaHCO_3$ dan Na_2SO_4. Daya tanah menghantarkan listrik atau electric conductivity (EC) biasanya digunakan untuk memprediksi kadar garam terlarut dalam tanah. Nilai EC dinyatakan dengan satuan konduktivitas (dS/m), setiap 1 dS/m setara dengan 640 ppm. Nilai EC

menunjukkan tingkat salinitas tanah yang diklasifikasikan menurut daya pengaruhnya terhadap kinerja tanaman. Poerwowidodo (2002) mengklasifikasikan tingkat salinitas tanah ke dalam lima kelas yaitu bebas garam, agak bergaram, bergaram cukup, bergaram agak banyak, dan bergaram banyak (Tabel 1).

2.4 Pengaruh Salinitas Tanah Terhadap Tanaman Tomat

Kendala utama pertumbuhan tanaman tomat pada kondisi kadar garam tinggi ada tiga hal yaitu (1) defisit air (pengurangan air) akibat potensial air dari media tumbuh yang lebih negatif dibandingkan potensial air dari jaringan tanaman, (2) toksisitas ion akibat serapan berlebih ion natrium dan klorida, (3) ketidak seimbangan nutrisi akibat inhibisi dari serapan ion dan transport ke pucuk serta ketidaksesuaian distribusi mineral nutrisi pada internal, terutama kalsium. Tanaman akan terdehidrasi akibat tingginya salinitas tanah dan kekeringan. Kondisi ini menyebabkan tanaman mengalami tekanan hiperosmotik yang ditandai dengan berkurangnya tekanan turgor dan hilangnya air dari jaringan. Berlimpahnya Na^+ dan Cl^- dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme tumbuhan terganggu. Efektivitas Na^+ dalam tanah dapat menghambat penyerapan K^+ (Djukri, 2009). Selain itu, tanaman dalam cekaman salinitas akan memproduksi hormon etilen karena terakumulasinya senyawa ACC (prekursor hormon etilen). Menurut Glick (1995), sebagai hormon senessen, etilen efektif memicu pematangan buah, sehingga peningkatan konsentrasi etilen pada masa awal pertumbuhan vegetatif justru menghambat perkecambahan dan perkembangan perakaran.

Cekaman salinitas menyebabkan penurunan pada pertumbuhan dan hasil produksi tanaman tomat. Hasil penelitian Cuartero dan Fernandez (1999) menunjukkan bahwa penggunaan air irigasi dengan EC 2,3;3,4; dan 5 dS/m mengurangi hasil panen tomat sebesar 10%, 25%, dan 50%. Cahyaty (2015) melaporkan bahwa perlakuan salinitas 8000 ppm atau setara dengan 7,08 dS/m dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat secara signifikan jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol atau 1,11 dS/m. Selain itu, Sunarto (2001) menyatakan bahwa percobaan penyiraman larutan garam NaCl sebesar 0,2% pada tanaman kedelai menunjukkan penurunan pada semua peubah pengamatan seperti

tinggi tanaman, luas daun, bobot biji, bobot kering akar dan tajuk dan panjang akar.

2.5 Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) merupakan sekumpulan mikroba dari kelompok bakteri yang digunakan sebagai pupuk hayati (biofertilizer). PGPR hidup di daerah perakaran (rhizosfer) dan berperan penting dalam pertumbuhan tanaman, sehubungan dengan kemampuannya membentuk koloni di sekitar akar dengan cepat. Fungsi PGPR antara lain untuk membantu penyediaan hara bagi tanaman, mempermudah penyerapan hara bagi tanaman, membantu dekomposisi bahan organik, menyediakan lingkungan rhizosfer yang lebih baik sehingga mampu mendukung pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman. Selain itu, PGPR mampu mensintesis dan meningkatkan konsentrasi fitohormon pemacu tumbuh tanaman sehingga memiliki ketahanan terhadap serangan penyakit. Peran PGPR secara tidak langsung bagi tanaman berkaitan dengan kemampuannya menekan aktivitas patogen dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik bagi penyebab penyakit terutama patogen tular tanah (Glick, 1995).

Berbagai jenis bakteri telah diidentifikasi sebagai PGPR. Sebagian besar berasal dari kelompok gram-negatif dengan jumlah strain paling banyak dari genus *Pseudomonas* dan beberapa dari genus *Serratia*. Selain kedua genus tersebut, dilaporkan antara lain dari genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, dan *Bacillus*. Meskipun sebagian besar *Bacillus* (gram-positif) tidak tergolong pengkoloni akar, beberapa strain tertentu dari genus ini ada yang mampu melakukannya, sehingga bisa digolongkan sebagai PGPR. Secara umum, fungsi PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam tiga kategori, yaitu: (1) sebagai pemacu/perangsang pertumbuhan (biostimulants) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti auksin, sitokinin, dan etilen dalam lingkungan akar; (2) sebagai penyedia hara (biofertilizers) dengan menambat N_2 dari udara secara asimbiosis dan melarutkan hara P yang terikat di dalam tanah; dan (3) sebagai pengendali patogen berasal dari tanah (bioprotectants) dengan cara menghasilkan

berbagai senyawa atau metabolit anti patogen seperti siderophore, β-1,3-glukanase, kitinase, antibiotik, dan sianida (Husen *et al*., 2007).

Salah satu fitohormon yang dihasilkan oleh mikroba tanah adalah auksin (indol-3 asam asetat) disingkat IAA yang penting untuk mengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebagian besar bakteri pemacu pertumbuhan yang berasosiasi di akar tanaman dapat mensintesis IAA antara lain *Burkholderia* sp., *Azotobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Erwinia* sp., *Pantoea* sp., *Pseudomonas* sp. *Bacillus* sp., *Klebsiella* sp., *Azospirillum* sp., dan *Serratia* sp. Mekanisme sintesis auksin oleh PGPR diinisiasi dan diatur oleh tanaman. Tanaman menghasilkan eksudat akar agar menarik PGPR untuk mengkoloni rhizosfir. Setelah terjadi kolonisasi, tanaman terus menerus mengeluarkan eksudat akar untuk memelihara mikroba di rhizosfir. Eksudat akar merupakan sumber alami asam amino L-triptofan (L-TRP) bagi mikroflora di rhizosfir dan senyawa ini meningkatkan kemampuan biosintesis auksin oleh mikroba (Widyati, 2015).

Beberapa PGPR dari genus Pseudomonas mayoritas adalah penghasil ACC diaminase, antara lain *P. chlororaphis* (Husen *et al.*, 2008), *P. syringae*, *P. fluorescens* (Nadeem *et al*., 2007) dan *P. mendocina* (Kohler *et al*., 2009). Bakteri penghasil enzim ACC deaminase mampu menghidrolisis ACC yang dikeluarkan akar, sehingga dapat mengurangi pembentukan hormon etilen pada masa vegetatif akibat cekaman salinitas (Glick 1995). Bakteri penghasil ACC deaminase efektif membantu tanaman mengendalikan salinitas tinggi dan beberapa diantaranya juga terbukti mampu meningkatan daya tahan tanaman terhadap patogen (Husen, 2011). Pengurangan cekaman salinitas pada tanaman budidaya oleh bakteri ACC deaminase menurut Mayak *et al.* (2004) juga terkait dengan meningkatnya penyerapan P dan K yang menjadi bagian dari aktivitas proses ameliorasi cekaman kadar garam pada tanaman.

Pengaruh positif PGPR bagi pertumbuhan tanaman pertama kali dilaporkan pada tanaman umbi-umbian seperti lobak, kentang, gula bit. Tanaman kanola (*Brassica compestris*) (sejenis kol atau sawi) yang diinokulasi oleh *Pseudomonas putida* strain GR12-2 meningkatkan panjang akar, tinggi tanaman, dan penyerapan hara P. Pengaruh positif PGPR pada berbagai jenis tanaman masih terus diteliti, baik menggunakan strain rizobakteri yang sudah dikenal

maupun isolat-isolat lokal yang diperoleh/diisolasi dari lingkungan tanah setempat (indigenous) (Husen *et al*., 2007).

2.6 Aplikasi PGPR pada Tanaman dalam Kondisi Salin

Tanaman yang hidup di lahan salin menghadapi masalah utama, yaitu dalam hal memperoleh air tanah yang potensial airnya lebih negatif (Djukri, 2009). Potensial air tanah yang lebih negatif akan memacu air keluar dari jaringan sehingga tumbuhan kehilangan tekanan turgor. Hal ini menyebabkan penurunan penyerapan air yang dapat menyebabkan tanaman mengalami cekaman air. Selain itu, tanaman pada tanah salin mengalami penurunan dalam penyerapan unsur hara (Suharyani dan Karno, 2012). Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tanah salin adalah dengan memberikan PGPR sebagai pupuk hayati.

PGPR memiliki peran positif bagi pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian (Abbas dan Okon, 1993) menunjukkan bahwa IAA (asam indol asetat) yang dihasilkan PGPR seperti *Azospirillum brasilense* dan *Azotobacter paspali* pada kondisi lingkungan normal meningkatkan jumlah bulu akar dan akar lateral sehingga meningkatkan penyerapan air dan unsur hara dari tanah. Younesi *et al.* (2013) melaporkan bahwa perlakuan kombinasi inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. dengan kerapatan 10^7 cfu/ml $MgSO_4$ dan *Pseudomonas* sp. dengan kerapatan 10^9 cfu/ml $MgSO_4$ pada benih alfalfa meningkatkan serapan P and N secara signifikan dan mengurangi akumulasi Na^+ pada tanaman dalam kondisi salin. Golpayegani (2011) melaporkan bahwa pemberian inokulum bakteri *Bacillus lentus* dan *Pseudomonades* sp. sebanyak 1 ml pada tanaman basil umur 1 HST pada kondisi salin mampu meningkatkan bobot basah sebesar 12,9% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Khan *et al*. (2016) melaporkan bahwa aplikasi pemberian PGPR *Sphingomonas* sp. LK11 dengan kerapatan 6,9 x 10^9 cfu/ml pada akar tomat dalam kondisi cekaman salinitas mampu meningkatkan tinggi tanaman sebesar 35,3% dan panjang akar 29,1% dibandingkan perlakuan tanpa pemberian PGPR. Nia *et al*. (2012) melaporkan bahwa pemberian PGPR *Azospirillum* sp. (diisolasi dari tanah salin) dengan kerapatan 10^7 cfu/ml pada fase perkecambahan tanaman gandum mampu meningkatkan bobot 1000 biji 37,04% dan indeks panen 33,33% pada kondisi salin (EC 8 dS/m).

Aplikasi PGPR dengan konsentrasi yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman. Hasil penelitian Qadaryani (2015) menunjukkan bahwa aplikasi perendaman benih tomat ke dalam larutan PGPR *Azotobacter* sp. dengan konsentrasi 10 ml/L selama 30 menit mampu meningkatkan bobot basah dan bobot kering tanaman dibandingkan dengan perlakuan kontrol. A'yun *et al*. (2013) melaporkan bahwa perendaman akar bibit cabai sebelum penanaman ke dalam larutan PGPR *Pseudomonas fluorescens* dan *Azotobacter* sp. dengan konsentrasi 10 ml/L selama 10 menit mampu meningkatkan tinggi tanaman hingga 52% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Berdasarkan hasil penelitian Syamsiyah (2014) diketahui bahwa pemberian PGPR dan urin kelinci berpengaruh positif terhadap tinggi, jumlah buah, bobot basah tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). Perlakuan PGPR dari akar bambu 12,5 ml/L air dan urine kelinci 50 ml/L air merupakan perlakuan paling terbaik untuk tinggi tanaman cabai merah sedangkan perlakuan PGPR dari akar bambu 7,5 ml/L air dan urine kelinci 50 ml/L air memberikan pengaruh terbaik untuk jumlah buah dan bobot basah tanaman cabai merah. Iswati (2012) melaporkan bahwa penyiraman larutan PGPR pada tanaman tomat umur 0 HST, 14 HST, dan 21 HST dengan konsentrasi 12,5 ml/L memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan panjang akar, sedangkan untuk pertumbuhan maksimal jumlah daun dan jumlah akar terjadi perlakuan konsentrasi 7,5 ml/L. Hasil penelitian Ningrum (2015) menunjukkan bahwa kombinasi antara pemberian PGPR dengan konsentrasi 30 ml/L air dan 20 t/ha pupuk kandang kelinci pada tanaman jagung umur 10 hari setelah persemaian mampu meningkatkan hasil hingga 35,63% dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

2.7 Serapan Unsur Hara N, P, K, dan Na oleh Tanaman

Pertumbuhan tanaman tidak hanya dikontrol oleh faktor dalam (internal), tetapi juga ditentukan oleh faktor luar (eksternal). Salah satu faktor eksternal tersebut adalah unsur hara esensial. Unsur hara esensial adalah unsur-unsur yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman dan apabila unsur tersebut tidak tersedia bagi tanaman maka akan menunjukkan gejala kekurangan unsur tersebut dan pertumbuhan tanaman akan terganggu. Unsur hara esensial meliputi unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro diperlukan bagi tanaman dalam

jumlah yang lebih besar (0,5-3% bobot kering tanaman), sedangkan unsur hara mikro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif kecil. Unsur hara makro antara lain N, P, K, C, H, O, S, Ca, dan Mg. Sedangkan unsur hara mikro diantaranya adalah Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, dan Cl. Dari 16 unsur tersebut, unsur N, P, dan K diperlukan tanaman dalam jumlah yang besar (Salisbury dan Ross, 1995).

Nitrogen (N) adalah komponen utama dari berbagai substansi penting di dalam tanaman. Unsur N menyusun 1-5% dari berat tubuh tanaman. Sekitar 40-50% kandungan protoplasma yang merupakan substansi hidup dari sel tumbuhan terdiri dari senyawa nitrogen. Unsur N diserap oleh tanaman dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) atau ion nitrat (NO_3^-). Sumber unsur N dapat diperoleh dari atmosfer (gas N_2), batuan dan mineral beku, dalam air hujan, asap gunung berapi, dan pupuk organik maupun anorganik (Syekhfani, 2012). Unsur N berfungsi untuk menyusun asam amino (protein), asam nukleat, nukleotida, dan klorofil pada tanaman. Unsur N sangat dibutuhkan pada tahap pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan tunas, perkembangan batang dan daun. Tanaman yang kekurangan unsur N akan menunjukkan gejala : (1) seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis) akibat kekurangan klorofil, (2) pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, jumlah anakan atau jumlah cabang sedikit, perkembangan buah menjadi tidak sempurna dan seringkali masak sebelum waktunya pada tahap lanjut, daun menjadi kering dimulai dari daun pada bagian bawah tanaman (Novizan, 2002). Penyerapan unsur hara N dimulai dari fiksasi N_2 atmosfir secara fisik/kimiawi yang disuplai oleh tanah bersama prepitasi (hujan) oleh mikrobia baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik ke dalam bahan organik. Bahan organik didekomposisikan oleh bakteri dan melalui serangkaian proses mineralisasi (aminisasi, amonifikasi dan nitrifikasi) akan melepaskan N-mineral (NH_4^+ dan NO_3^-) yang kemudian diimmobilisasikan ke dalam tanaman (Rosmarkam, 2002).

Unsur P diambil tanaman dalam bentuk ion orthofosfat primer dan sekunder (H_2PO_4- atau HPO_4^{2-}). Menurut Syekhfani (2012), sumber unsur P antara lain dari senyawa P organik dan anion fosfat yang terikat pada kisi-kisi liat (kaolinit, montmorilonit, illit). Konsentrasi unsur P dalam tanaman berkisar antara

0,1-0,5% lebih rendah daripada unsur N dan K. Menurut Hakim *et al*. (1986), keberadaan unsur P berfungsi sebagai penyimpan dan transfer energi untuk seluruh aktivitas metabolisme tanaman, pembelahan sel, pembentukan lemak dan albumin, perangsang perkembangan akar halus dan akar rambut, ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, serta pembentukan buah, bunga dan biji. Tanaman yang kekurangan unsur hara P akan menunjukkan gejala pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, sistem perakaran kurang berkembang, daun berwarna keunguan, pembentukan bunga/buah/biji terhambat sehingga panen terlambat, persentase bunga yang menjadi buah menurun karena penyerbukan tidak sempurna.

Hampir semua tanah yang tidak bertekstur kasar mengandung K-total tinggi. Namun, unsur K yang tersedia bagi tanaman hanya 1-2 % dari total K tanah mineral. Bentuk K tersedia bagi tanaman adalah ion K^+. Kebanyakan unsur K merupakan bagian kompleks mineral tanah yang sedikit demi sedikit larut dalam air tanah atau asam karbonat. Pelepasan unsur K tergantung pada kompleks mineral tanah dan intensitas dekomposisi. Unsur K berfungsi untuk mendorong perkembangan akar dan berperan dalam ketahanan tanaman terhadap penyakit. Tanaman yang mengalami defisiensi unsur K menunjukkan kekeringan dari ujung daun paling tua (bawah), meluas sepanjang pinggir, disertai khlorotik bagian tengah. Ion-ion basa K, Ca, Mg, atau Na memiliki sifat antagonistik dalam hal serapan oleh tanaman. Jumlah salah satu unsur yang lebih banyak akan menyebabkan serapan unsur lainnya terganggu. Kompetisi berkaitan dengan sifat fisiko-kimia yang mirip satu sama lain sehingga terjadi perebutan tempat pada tapak-tapak jerapan tanah atau permukaan akar. Salah satu kompetisi unsur hara yang terjadi pada kondisi tanah salin adalah K/Na (Syekhfani, 2012).

Unsur Na mempunyai peluang untuk menggantikan sebagian fungsi K karena mempunyai peran fisiologis yang penting seperti mempertahankan turgor dan regulator nitrat reduktase dalam metabolisme (Tisdale *et al*., 1990). Namun, potensi penggantian sebagian K oleh Na tergantung pada sifat tanamannya. Berdasarkan tanggap tanaman terhadap Na dan transpor Na kebagian pucuk tanaman, Ismail (1998) membedakan spesies tanaman menjadi dua kelompok, yaitu kelompok tanaman dengan tanggap tinggi terhadap Na (natrofilik) dan

kelompok tanaman dengan tanggap rendah terhadap Na (natrofobik). Marschener (1995) mengelompokkan tanaman menjadi : 1) tanaman yang sebagian besar kebutuhannya akan K dapat digantikan oleh Na, seperti bit gula, lobak; 2) tanaman yang sebagian kecil saja dari kebutuhannya akan K dapat digantikan oleh Na, seperti gandum dan bayam; 3) tanaman yang sangat kecil saja kebutuhannya akan K dapat digantikan oleh Na, seperti padi, tomat, kentang, dan 4) tanaman yang kebutukannya akan K sama sekali tidak dapat digantikan oleh Na, seperti kedelai dan jagung. Tanggap tanaman terhadap Na berbeda-beda, tergantung pada genotipe tanamannya.

Substitusi K oleh Na dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah. Sopandie (1990) menyatakan bahwa pada tingkat tertentu Na dapat menyebabkan terjadinya dispersi liat sehingga merusak agregat dan struktur tanah, yang berakibat terhadap rendahnya permeabilitas tanah. Tisdale *et al*. (1990), menyatakan bahwa toleransi kadar Na dalam tanah adalah 10-20% dari kapasitas tukar kation tanah. Pada tanah dengan tekstur halus, kejenuhan Na yang masih dapat ditoleransikan hanya < 10%, sedang pada tanah berpasir batas kritisnya mencapai sekitar < 30%. Hal ini dimungkinkan bahwa Na dengan dosis yang tinggi akan menghambat aktivitas pertumbuhan tanaman sehingga persediaan karbohidrat sebagai nutrisi yang diperlukan terhambat. Kadar Na yang tinggi menyebabkan serapan air dan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman terhambat sehingga fotosintesis juga terhambat.

2.8 Proses Penyerapan Unsur Hara oleh Tanaman

2.8.1 Penyerapan Unsur Hara Melalui Akar

Menurut Hakim *et al.* (1986), penyerapan unsur hara dari media tanam melalui akar terjadi dengan tiga cara yaitu intersepsi akar, aliran massa, dan difusi.

(1) Intersepsi akar

Mekanisme yang terjadi pada intersepsi akar adalah pergerakan akar tanaman yang memperpendek jarak antara tanaman dengan keberadaan unsur hara. Peristiwa ini terjadi karena akar tanaman tumbuh dan memanjang, sehingga memperluas jangkauan akar tersebut. Perpanjangan akar tersebut menjadikan permukaan akar lebih mendekati posisi keberadaan unsur hara, baik unsur hara yang ada dalam larutan tanah, permukaan koloid liat, maupun permukaan koloid organik.

(2) Aliran massa

Mekanisme aliran massa adalah gerakan unsur hara di dalam tanah menuju ke permukaan akar bersama-sama dengan gerakan massa air. Selama proses transpirasi tanaman berlangsung, terjadi juga proses penyerapan air oleh akar tanaman. Terserapnya air karena adanya perbedaan potensial air yang disebabkan oleh proses transpirasi tersebut. Nilai potensial air di dalam tanah lebih rendah dibandingkan dengan permukaan bulu akar sehingga air tanah masuk kedalam jaringan akar. Pergerakan massa air ke akar tanaman akibat langsung dari serapan massa air oleh akar tanaman terikut juga unsur hara yang terkandung dalam air tersebut.

(3) Difusi

Difusi terjadi karena konsentrasi unsur hara pada permukaan akar tanaman lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi hara pada larutan tanah, pada permukaan koloid liat serta pada permukaan koloid organik. Kondisi ini terjadi karena sebagian besar unsur hara tersebut telah diserap oleh akar tanaman. Tingginya konsentrasi unsur hara pada ketiga posisi tersebut menyebabkan terjadinya peristiwa difusi dari unsur hara berkonsentrasi tinggi ke posisi permukaan akar tanaman.

2.8.2 Penyerapan Unsur Hara Melalui Daun

Proses penyerapan hara melalui daun terjadi karena adanya proses difusi dan osmosis melalui stomata sehingga mekanismenya berhubungan langsung dengan membuka dan menutupnya stomata (Salisbury dan Ross, 1995). Banyak faktor yang menyebabkan membuka dan menutupnya stomata, selain disebabkan oleh aktivitas sel penjaga juga disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Penyerapan air oleh sel penjaga disebabkan oleh perbedaan potensial osmotik antara sel penjaga dan sel-sel di sekitarnya. Jika potensial osmotik protoplas sel penjaga lebih negatif daripada sel sekitarnya, maka air akan bergerak masuk ke dalam sel penjaga secara osmosis sehingga mengakibatkan naiknya tekanan sel dan menyebabkan sel mengembung. Unsur hara dalam bentuk ion-ion yang berada pada permukaan daun akan bergerak masuk secara difusi dan osmosis ke dalam sel setelah stomata membuka,. Masuknya ion-ion tersebut ke dalam sel tanaman terjadi secara bertahap. Mula-mula molekul dan ion-ion zat terlarut menembus

lapisan yang menyelubungi permukaan dinding sel sebelah luar dengan proses difusi menuju dinding sel yang dilapisi oleh membran plasma yang bersifat impermeabel terhadap ion-ion. Setelah melalui membran plasma, ion-ion masuk ke dalam sitoplasma. Di dalam sitoplasma, molekul dan ion-ion tersebut mengalami beberapa kemungkinan yaitu diubah ke dalam bentuk lain, mengalami pengangkutan ke sel lain atau diangkut oleh tonoplas menuju vakuola atau organel-organel lain dalam sitoplasma antara lain mitokondria dimana terjadi proses respirasi sehingga dapat berperan dalam pertumbuhan tanaman (Prawiranata *et al*., 1981).

2.9 Prolin

Salinitas menyebabkan tanaman mengalami defisit air (pengurangan air) akibat potensial air dari media tumbuh yang lebih negatif dibandingkan potensial air dari jaringan tanaman. Cekaman tersebut mengakibatkan terjadinya dehidrasi sel-sel tanaman serta menimbulkan tanggapan fisiologis dan biokimia (Sasli, 2004). Kondisi lingkungan yang hiperosmotik akan menyebabkan tekanan turgor sel menurun sehingga menimbulkan respon akumulasi senyawa metabolit osmotik pada jaringan tanaman (Bargmann *et al*., 2009). Salah satu senyawa yang diproduksi oleh tanaman pada saat mengalami cekaman adalah prolin.

Prolin merupakan asam amino esensial yang disintesis dan diakumulasi pada jaringan tanaman terutama pada daun apabila tanaman menghadapi cekaman (Hamim *et al*., 2008). Prolin dapat digunakan sebagai indikator cekaman, semakin tinggi kondisi cekaman akan mengakibatkan semakin tinggi kadar prolin yang disintesis. Marrur *et al*. (1994) menyatakan bahwa tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) yang diberi perlakuan cekaman air menunjukkan peningkatan kandungan prolin pada daun demikian pula halnya dengan padi (*Oryza sativa*) (Uyprasert *et al.*, 2004).

Mathius *et al*., (2004) menyatakan prolin berperan dalam peningkatan daya tahan terhadap cekaman air dalam upaya osmoregulasi dan penyesuaian osmosis. Osmoregulasi merupakan pengaturan potensial osmosis dalam sel dengan penambahan/pemindahan senyawa terlarut sehingga potensial osmosis intrasel sebanding dengan potensial osmosis medium sekeliling sel. Penyesuaian osmosis lebih mengarah pada penurunan potensial osmosis yang disebabkan

akumulasi senyawa terlarut sehingga memungkinkan untuk mengambil air dari lingkungan. Tanaman yang mempunyai tingkat peningkatan osmotikum yang lebih tinggi diduga lebih toleran dibandingkan dengan tanaman yang tingkat peningkatan osmotikumnya lebih rendah.