

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi dan Morfologi Bawang Merah

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan jenis tanaman semusim yang memiliki umbi berlapis. Menurut Rahayu dan Berlian (1999), bawang merah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Classis	: Monocotyledonae
Ordo	: Liliales
Familia	: Liliaceae
Genus	: <i>Allium</i>
Spesies	: <i>Allium ascalonicum</i> L.

Morfologi bawang merah terdiri atas beberapa bagian seperti akar, umbi atau buah, biji, daun dan bunga. Tanaman bawang merah merupakan tanaman yang hamper mirip seperti rumput. Anakan baru pada tanaman bawang merah satu rumpun dapat menghasilkan sekitar 10-15 anakan (Nazzaruddin, 2003).

1. Akar

Akar merupakan organ pada tumbuhan yang berfungsi sebagai alat untuk menyerap air dan garam mineral dari dalam tanah serta untuk menunjang dan memperkokoh berdirinya tumbuhan di tempat hidupnya.

Secara morfologi akar bawang merah terdiri atas rambut akar, batang akar, ujung akar dan tudung akar, sedangkan secara anatomi (struktur dalam) akar tersusun atas epidermis, korteks, endodermis dan silinder pusat. Ujung akar merupakan titik tumbuh tanaman, dimana ujung akar terdiri atas jaringan meristem berdinding tipis yang aktif membelah diri. Ujung akar dilindungi oleh tudung akar (kaliptra) yang berfungsi melindungi kerusakan mekanis akar pada waktu menembus tanah (Gardner, 2006).

Bawang merah mempunyai akar serabut pendek yang dapat menyerap air serta unsur hara yang ada di sekitar tempat tumbuhnya. Akar bawang merah umumnya terletak di permukaan bagian bawah cakram tanaman, sementara di bagian atas cakram terdapat mata tunas yang berpotensi menjadi tanaman baru. Tunas ini dikenal sebagai tunas lateral yang kemudian akan membentuk cakram baru. Cakram berperan sebagai tempat tumbuhnya akar dan tunas, serta berfungsi sebagai batang pada tanaman bawang merah (Rukmana, 1995). Struktur akar serat yang dimilikinya menyebabkan akar bawang merah hanya tumbuh di permukaan dan dalam tanah yang dangkal. Oleh karena itu, tanaman ini sangat rentan terhadap kondisi kekeringan (Suriana, 2011).

Sistem akar bawang merah terbagi menjadi cabang-cabang dan tersebar pada kedalaman tanah antara 15 hingga 20 cm. Jumlah akar bawang merah bisa mencapai 20-200 akar. Akar bawang merah memiliki bentuk seperti cakram, tipis, dan pendek yang berfungsi sebagai tempat melekatnya akar dan tunas. Di atas bagian ini, terdapat akar semu yang

terbentuk dari pelepah-pelepah daun yang bergabung satu sama lain. Akar semu ini mengalami modifikasi berbeda di dalam tanah, berubah bentuk menjadi umbi lapis (Sudirja, 2007).

2. Umbi dan Biji

Umbi bawang merah termasuk dalam kategori umbi berganda, dengan ciri khas benjolan serta terlihat memanjang ke arah kanan dan kiri, serupa dengan siung pada bawang putih. Pelindung umbi bawang merah cuma memiliki 2-3 lembar lapisan, bentuk tipis dan mudah mengering. Jumlah dan ketebalan lapisan pelindung menentukan lapisan-lapisan dalam setiap siung bawang merah. Setiap siung mampu melindungi umbi baru serta membantu membentuk umbi tambahan, yang akhirnya menghasilkan kelompok umbi baru sebanyak 3-8 di dalam satu rumpun. (Sartono, 2009).

Biji bawang merah merupakan alat perkembangbiakan generatif pada tanaman bawang merah. Biji bawang merah berbentuk pipih, tetapi akan berubah menjadi hitam setelah tua. Penggunaan biji saat ini masih sebagai bahan pembibitan serta masih banyak yang menggunakan untuk lingkup penelitian. Sementara untuk lingkup produksi penggunaan umbi bibit menjadi salah satu faktor utama dalam proses pembibitan (Suriana, 2011).

3. Daun

Struktur daun bawang merah meliputi helaian daun (lamina) dan tangkai daun (petiolus). Daun bawang merah memiliki bentuk bulat kecil dengan satu permukaan. Ujung daun meruncing, sementara bagian bawah

daun melebar mirip kelopak dan tampak sedikit membengkak (Gardner, 2006). Terjadinya pembengkakan pada kelopak daun di bagian dasar akan terlihat mengembung, membentuk umbi yang merupakan umbi lapis. Bagian tersebut merupakan isi dari cadangan makanan bagi tunas yang kemudian menjadi tanaman baru (Nazzaruddin, 2003).

Daun bawang merah yang sudah berbentuk sempurna atau daun yang memiliki panjang berkisar 5 cm, kerusakan daun kurang dari 50% dapat digunakan sebagai sampel pengamatan. Daun bawang merah berwarna hijau muda hingga tua, berbentuk silinder seperti pipa dengan panjang sekitar 50-70 cm dan berongga. Pada daun yang baru bertunas, umumnya belum terlihat adanya rongga. Namun, ketika daun tumbuh menjadi lebih besar, rongga ini menjadi jelas terlihat. Daun bawang merah memiliki peran penting sebagai tempat terjadinya fotosintesis dan respirasi, sehingga kesehatan daun sangat mempengaruhi kesehatan tanaman secara keseluruhan. (Sunarjono, 2003). Menurut Rukmana (1995), letak daun bawang merah melekat pada tangkai yang ukurannya relatif pendek.

4. Bunga

Proses pertumbuhan bunga pada bawang merah dimulai dengan keluarnya tangkai bunga dari cakram melalui ujung umbi, menyerupai munculnya daun biasa namun dengan bentuk yang lebih ramping dan memanjang, serta memiliki benjolan runcing di ujungnya yang menyerupai mata tombak. Benjolan ini kemudian membuka diri sehingga mengungkapkan kuncup-kuncup bunga beserta tangkainya (Rukmana,

1995). Menurut Sudirja (2007), bunga bawang merah memiliki bentuk majemuk berupa tandan, dengan 50-200 kuntum bunga yang tersusun mengelilingi ujungnya seperti payung. Setiap kuntum bunga terdiri dari 5-6 kelopak bunga berwarna putih, enam benang sari yang berwarna hijau atau kekuning-kuningan, satu putik, dan satu bakal buah.

Benang sari pada bunga bawang merah tersusun dalam dua lingkaran, dengan tiga benang sari terdapat pada lingkaran dalam dan tiga benang sari pada lingkaran luar. Tepung sari pada lingkaran dalam matang lebih cepat daripada tepung sari pada lingkaran luar. Penyerbukan antara bunga-bunga yang berada dalam tandan berbeda terjadi melalui perantara lebah atau lalat hijau. Bakal buah pada bawang merah terbentuk dari tiga struktur daun buah yang dikenal sebagai carpel. Di dalam setiap bakal buah, terdapat tiga ruang buah, dan masing-masing ruang buah mengandung dua bakal biji. (Sunarjono, 2003). Menurut Suriana (2011), tahap awal dari bunga bawang merah berupa gumpalan bulat kecil yang tersembunyi di dalam seludang daun. Namun, setelah beberapa waktu, seludang daun ini akan membuka dan menghasilkan kuntum-kuntum bunga berwarna putih.

B. Syarat Tumbuh Bawang Merah

Bawang merah dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang beragam untuk memperoleh hasil yang optimal. Bawang merah membutuhkan kondisi lingkungan yang baik, ketersediaan cahaya, air, dan unsur hara yang memadai (Sumarni dan Hidayat, 2005). Syarat tumbuh bawang merah antara lain:

1. Iklim

Tanaman bawang merah tumbuh baik di dataran rendah ataupun pada dataran tinggi, yaitu pada ketinggian 0-1000 mdpl, dengan ketinggian optimal 0–400 mdpl (Delahaut and Newenhouse, 2003). Menurut Anshar (2012), di ketinggian bawang merah dapat bertumbuh dan berumbi, akan tetapi umur panennya akan lebih panjang sekitar setengah sampai satu bulan serta hasil umbinya lebih rendah.

Bawang merah tumbuh pada curah hujan antara 300-2500 mm/tahun, kelembaban udara 80-90%, tempat terbuka tanpa naungan dengan pencahayaan sekitar 70%, intensitas cahaya matahari lebih banyak dari 14 jam/hari, hal ini dikarenakan bawang merah tergolong tanaman yang membutuhkan cahaya matahari cukup panjang serta dapat berpengaruh bagi proses fotosintesis serta pembentukan umbi bawang merah (Delahaut and Newenhouse, 2003). Keadaan suhu memiliki peran penting dalam mengatur seluruh kegiatan biologis tanaman dengan cara mengontrol reaksi-reaksi di dalamnya. Selain itu, suhu udara juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kelangsungan hidup bunga dan serbuk sari, pembentukan umbi, keseimbangan hormonal, pematangan, atau penuaan tanaman, serta kualitas dan hasil tanaman secara keseluruhan. Untuk tanaman bawang merah, suhu optimal untuk pertumbuhannya berkisar antara 60-70 °F (15-20 °C) dan 70-80 °F (20-27 °C) (Anshar, 2012).

2. Tanah

Menurut Sudirja (2007), bawang merah membutuhkan tanah yang subur gembur dan banyak mengandung bahan organik dengan dukungan tanah lempung berpasir atau lempung berdebu. Jenis tanah yang baik untuk pertumbuhan bawang merah antara lain jenis tanah Ultisol, Latosol, Regosol, Grumosol dan Aluvial dengan drainase ataupun aerasi dalam tanah berjalan dengan baik, tanah tidak boleh tergenang oleh air karena dapat menyebabkan kebusukan pada umbi dan memicu munculnya berbagai penyakit serta derajat keasaman (pH) tanah 5,5-6,5.

Sudirja (2007), menambahkan bahwa pH tanah secara tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman. pH tanah mempengaruhi aktivitas organisme tanah terutama dalam penguraian bahan organik menjadi unsur hara bagi tanaman. Pengapuran pada tanah masam dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil umbi bawang merah. pH tanah yang adalah 6.2-6.8 (Sumarni dan Hidayat, 2005). Pada tanah dengan pH basa ($\text{pH} > 7,0$), tanaman bawang merah sering menunjukkan gejala klorosis, yang ditandai dengan tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Selain itu, hasil umbi yang dihasilkan cenderung rendah karena terjadi kekurangan unsur hara seperti Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Di sisi lain, pada tanah dengan pH masam ($\text{pH} < 5,0$), tanaman bawang merah juga tumbuh kerdil karena terjadi keracunan Aluminium (Al) atau Mangan (Mn). Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara keseluruhan. Oleh karena itu, tanah dengan pH yang sesuai

(biasanya sekitar 6,0-7,0) sangat penting untuk mendukung pertumbuhan optimal dan hasil yang baik pada tanaman bawang merah. Pemantauan dan pengaturan pH tanah dapat menjadi langkah penting dalam mengatasi masalah-masalah yang disebabkan oleh ketidakseimbangan pH tersebut

C. Asam Humat-Fulvat

Humus adalah sekumpulan senyawa organik dengan berat molekul tinggi, memiliki warna coklat hingga hitam, bersifat amorfus, dan terbentuk melalui proses sintesis kedua (resistensi). Humus dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bahan non-humat dan bahan humat. Bahan humat terdiri dari tiga golongan, yaitu asam humat (AH), asam fulvat (AF), dan humin. Dalam tanah, humus memiliki peran penting dalam memperbaiki kesuburan tanah dengan cara meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan ketersediaan unsur hara, meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air, serta mengurangi serapan P (Fosfor) oleh tanah. Selain itu, humus juga berkontribusi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Stevenson, 1982). Bahan organik tanah sering dibedakan menjadi dua kelompok utama: bahan terhumifikasi dan bahan tak terhumifikasi. Bahan tak terhumifikasi adalah senyawa-senyawa organik dalam tanaman dan organisme lain yang memiliki ciri khas seperti karbohidrat, asam amino, protein, lipid, asam nukleat, dan lignin. Fraksi ini umumnya lebih mudah terurai oleh mikroorganisme dan proses dekomposisi, sehingga memberikan sumbangan nutrisi yang lebih cepat ke tanah. Sementara itu, bahan terhumifikasi merupakan hasil akhir dekomposisi bahan-

bahan tanaman yang telah mengalami proses humifikasi di dalam tanah. Fraksi ini dikenal sebagai humus atau bahan humat, yang berupa senyawa dengan berat molekul tinggi, berwarna coklat hingga hitam, dan bersifat amorfus. Humus memiliki peran penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, karena memiliki kemampuan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), ketersediaan unsur hara, stabilitas agregat tanah, serta kapasitas tanah dalam menahan air. Humus juga membantu mengurangi serapan fosfor oleh tanah dan berkontribusi pada pertumbuhan dan hasil tanaman (Tan, 1993).

Asam humat merupakan komponen utama bahan organik tanah dan merupakan faktor penting dalam menjaga kesuburan tanah (Bama, dkk, 2003). Asam humat adalah senyawa organik yang terbentuk dari penguraian dan transformasi sisa-sisa organisme tanaman dan hewan di dalam tanah. Asam humat bersifat *amorf*, berwarna gelap, tahan terhadap degradasi mikroba dan memiliki berat molekul yang relatif tinggi. Asam humat merupakan produk akhir dari proses dekomposisi bahan organik, merupakan fraksi yang larut dalam alkali. (Tan, 1993).

Sifat lainnya adalah memiliki beban elektrostatis tinggi, kapasitas tukar yang tinggi, hidrofilitas dan keasaman. Asam humat bukanlah pupuk melainkan komponen dari pupuk. Pupuk merupakan sumber hara bagi tanaman dan mikro dari tanah bagi tanaman (Sahala, dkk, 2006). Asam humat biasanya tinggi karbon, mulai dari 41 hingga 57%. Asam humat mengandung banyak oksigen akan tetapi sedikit hidrogen dan nitrogen. Kandungan oksigen sekitar 33-46% dan mengandung 2-5% N. Total keasaman atau pertukaran

bahan humat dalam tanah disebabkan oleh adanya proton atau ion H yang dapat dipisahkan dalam gugus karboksil dan alifatik dan gugus hidroksi fenolik. Asam humat dicirikan oleh kandungan asam total dan kandungan karboksil yang lebih rendah dibandingkan asam fulvat (Tan, 1993).

Gugus karboksil pada asam humat biasanya lebih sedikit daripada asam fulvat. Selain gugus karboksil, asam humat juga mengandung beberapa gugus hidroksil yang berbeda. Ketika mengkarakterisasi asam humat, biasanya hanya tiga jenis gugus OH yang dibedakan. Gugus hidroksil pertama adalah gugus OH yang melekat pada semua gugus fungsi seperti fenol, alkohol, etanol, dan hidrokuinon. Gugus hidroksil ini berperan penting dalam berbagai reaksi kimia dan interaksi dengan unsur hara serta partikel dalam tanah. Dalam kajian lebih lanjut tentang struktur dan karakteristik asam humat, peranan gugus OH ini menjadi fokus untuk memahami sifat-sifatnya yang penting dalam menjaga kesuburan tanah dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Namun, dalam kebanyakan kasus, gugus hidroksil total hanya mengacu pada jumlah gugus OH fenolik dan alkohol. Gugus fenolik OH lainnya adalah OH yang terikat pada cincin benzena. Gugus alkohol OH ketiga adalah OH yang terikat pada gugus alkohol. Metode paling umum untuk memisahkan asam humat dari asalnya didasarkan pada kelarutannya dalam asam dan basa.

Menurut Tan (1993), pembentukan asam humat melibatkan tiga langkah dasar yang berurutan. Pertama, terjadi pembentukan unit struktural dari pemecahan jaringan tanaman. Proses ini melibatkan dekomposisi bahan

organik tanaman menjadi komponen-komponen yang lebih kecil. Langkah kedua adalah kondensasi unit struktural yang terbentuk pada langkah pertama. Kondensasi ini menggabungkan unit-unit kecil tersebut menjadi molekul-molekul yang lebih besar dan kompleks. Terakhir, langkah ketiga adalah polimerisasi produk kondensasi dari langkah kedua. Proses polimerisasi ini menyebabkan molekul-molekul yang terbentuk semakin kompleks dan membentuk sistem multi-komponen yang dikenal sebagai asam humat atau asam fulvat. Hasil akhir dari ketiga langkah ini adalah asam humat atau asam fulvat yang memiliki struktur kompleks dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan kesuburan tanah, serta berkontribusi pada pertumbuhan dan hasil tanaman. Keduanya menunjukkan pola struktural yang serupa, tetapi mungkin berbeda dalam detail struktural dan komposisi kimianya. Misalnya, asam fulvat memiliki inti aromatik yang kurang padat dibandingkan dengan asam humat, tetapi komponen periferannya lebih berkembang. Hal ini mengakibatkan asam fulvat memiliki struktur molekul yang lebih ringan dan kurang kompleks dibandingkan dengan asam humat. Asam fulvat dapat menjadi pendahulu atau produk dekomposisi dari asam humat dalam proses humifikasi. Ketika bahan organik tanaman mengalami dekomposisi, beberapa komponen dapat mengalami kondensasi dan polimerisasi untuk membentuk asam humat, sementara komponen lainnya dapat tetap berada dalam bentuk asam fulvat. Sehingga, asam fulvat dan asam humat dapat berhubungan secara evolusi dalam pembentukan dan transformasi materi organik di dalam tanah. Kedua senyawa ini, yaitu asam fulvat dan asam humat, memiliki peran

penting dalam kesuburan tanah dan mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta berkontribusi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman

Zat humus dan humus merupakan komponen tanah yang sangat penting. Bersama dengan tanah lempung, zat humat meningkatkan banyak fungsi kimiawi di dalam tanah yang secara langsung atau tidak langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tindakan tidak langsungnya dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan mengubah kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Zat humat dapat secara langsung merangsang pertumbuhan tanaman dengan mempengaruhi metabolisme dan proses fisiologis lainnya.

Zat humat dan sejenisnya memiliki kemampuan untuk secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme yang berbeda. Pertama, zat humat dapat mempercepat proses respirasi tanaman. Respirasi adalah proses yang terjadi di dalam sel tanaman untuk menghasilkan energi, dan zat humat membantu meningkatkan laju respirasi sehingga tanaman dapat menggunakan energi dengan lebih efisien. Kedua, zat humat dapat meningkatkan permeabilitas sel tanaman. Permeabilitas sel adalah kemampuan sel untuk menyerap nutrisi dan air dari lingkungan sekitarnya. Dengan meningkatkan permeabilitas sel, zat humat memungkinkan tanaman untuk lebih efisien menyerap nutrisi dan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal. Selain itu, zat humat juga dapat berinteraksi dengan hormon pertumbuhan tanaman dan mempengaruhi aktivitas hormon tersebut. Hal ini dapat memicu pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara positif.

Zat humat juga terlibat dalam pembentukan tanah, khususnya dalam proses humifikasi yang mengubah bahan organik menjadi zat humus seperti asam humat dan asam fulvat. Zat humus berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan retensi air di dalam tanah. Selain itu, zat humat juga berperan dalam translokasi nutrisi dan senyawa kimia lain di dalam tanaman. Mereka dapat membantu mengangkut nutrisi dari akar ke bagian atas tanaman dan membantu dalam redistribusi nutrisi di seluruh tanaman, memastikan bahwa tanaman mendapatkan semua nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan yang sehat (Tan, 1993).

Brady dan Weil (2002) menemukan bahwa asam humat memiliki efek langsung yang bermanfaat pada pertumbuhan tanaman. Beberapa efek tersebut meliputi, percepatan perkecambahan biji: Asam humat dapat membantu mempercepat proses perkecambahan biji sehingga tanaman dapat tumbuh lebih cepat. stimulasi pertumbuhan akar, asam humat dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman, yang akan membantu tanaman menyerap lebih banyak nutrisi dan air dari tanah, percepatan pemanjangan sel akar, asam humat dapat mempercepat pemanjangan sel-sel pada akar tanaman, sehingga akar dapat tumbuh lebih panjang dan menjangkau lebih banyak area tanah, percepatan pertumbuhan pucuk dan akar, asam humat juga dapat berkontribusi dalam percepatan pertumbuhan pucuk dan akar tanaman, yang akan meningkatkan produksi dan hasil tanaman secara keseluruhan (Ihdaryanti, 2011).

D. Pupuk Majemuk

Pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung beberapa macam unsur hara. Contoh pupuk majemuk adalah pupuk NPK yang mengandung unsur hara nitrogen, phosphorus, dan potassium berkadar tinggi. unsur Nitrogen adalah zat hara yang diperlukan oleh tanaman. Unsur nitrogen di dalam pupuk majemuk sangat bermanfaat untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu manfaat dari pupuk antara lain dapat membuat daun tanaman lebih hijau, rimbun, dan segar. Nitrogen juga membantu tanaman menumbuhkan daun hijau (klorofil). Berkat banyaknya daun hijau maka fotosintesis tanaman lebih mudah, pupuk juga mempercepat pertumbuhan tanaman, seperti tinggi batang, jumlah batang, cabang, dll, serta dapat meningkatkan kandungan protein tanaman (Suhartono, 2012).

Nitrogen diperlukan untuk pembentukan dan pertumbuhan bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar. Selain itu, berperan dalam pembentukan daun hijau, yang berguna dalam fotosintesis. Unsur N juga berperan dalam mempercepat fase pertumbuhan karena fungsi utama unsur N adalah mensintesis klorofil. Klorofil cenderung menangkap sinar matahari, yang berguna untuk pembentukan makanan selama fotosintesis. Kandungan klorofil yang cukup dapat membentuk atau merangsang pertumbuhan tanaman, terutama merangsang organ pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan akar, batang dan daun terjadi dengan cepat apabila makanan yang digunakan untuk pembentukan organ tersebut dalam keadaan cukup atau dalam jumlah

yang cukup (Purwadi, 2011).

Pupuk adalah padatan kristal putih dengan rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ yang sebagian terdiri dari nitrogen. Ada dua jenis pupuk di pasar Indonesia, yaitu pupuk bersubsidi dan pupuk non-subsidi. Perbedaan antara jenis pupuk ini hanya warna butirannya, sedangkan komposisi nitrogen pupuk pupuk sama. Pupuk memiliki sifat larut dalam air tetapi tidak larut dalam pelarut organik. Efisiensi penyerapan nitrogen yang terkandung dalam pupuk tanaman tropis relatif rendah sekitar 30-50%, yang berarti sebagian besar input nitrogen tidak diserap oleh tanaman. Rendahnya efisiensi pupuk majemuk disebabkan oleh kehilangan melalui denitrifikasi, pencucian, limpasan dan penguapan. Pupuk dalam proses memasuki tanah, mengalami proses hidrolisis yang cepat, setelah itu menguap dengan cepat, membentuk amonia. Pupuk majemuk merupakan pupuk langsung yang hanya mengandung satu unsur hara utama yaitu 42% sampai 46% N (Sutejo dan Kartasapoetra, 1990).

E. Pupuk Majemuk *Slow Release*

Pupuk majemuk tipe pelepasan lambat adalah kategori pupuk yang dirancang dengan tujuan melepaskan unsur hara secara perlahan ke dalam tanah selama jangka waktu yang ditentukan. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Sutandi (2018), tujuan utama penerapan pupuk majemuk tipe pelepasan lambat adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, mengurangi potensi risiko polusi lingkungan, dan meningkatkan hasil pertanian. Pupuk ini mengombinasikan pupuk dengan agen penahan yang mengatur kecepatan pelepasan nitrogen ke dalam tanah.

Rahman (2019) telah menjelaskan langkah-langkah dalam produksi pupuk majemuk jenis pelepasan lambat. Metode ini melibatkan pencampuran pupuk dengan zat pengikat khusus yang memperlambat laju pelepasan nitrogen. Zat pengikat ini dapat berupa polimer atau bahan alami seperti lignin. Manfaat dari penggunaan pupuk majemuk tipe pelepasan lambat telah diuraikan oleh Wijaya (2020). Manfaat-manfaat tersebut mencakup peningkatan efisiensi penggunaan pupuk, pengurangan risiko dampak negatif terhadap lingkungan, dan pengurangan biaya produksi bagi petani. Tambahan pula, pupuk ini juga mampu membantu mengurangi kehilangan nutrisi akibat proses pencucian oleh curah hujan.

Zeolit dan asam humat memiliki kemampuan untuk memperlambat konversi N-amonium menjadi nitrat, mengurangi penguapan nitrogen menjadi gas amonia dan merangsang perkembangan akar tanaman. Zeolit digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk yang karena KTK-nya yang tinggi (120–180 me/10 g) menjadi lambat tersedia dan berguna sebagai adsorben, pengikat dan penukar kation (Suwardi, 2002).

Salah cara upaya mengoptimalkan efektivitas pupuk majemuk slow release adalah dengan menambahkan pupuk dengan bahan yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) tinggi, seperti zeolit atau bahan aktif (karbon aktif). KTK tinggi pada zeolit atau bahan aktif dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Zeolit, misalnya, memiliki kemampuan untuk menahan dan melepaskan kembali unsur hara secara perlahan ke tanaman, sehingga dapat mengurangi kehilangan unsur

hara melalui pencucian atau limpasan dan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Pencampuran pupuk dengan bahan KTK tinggi juga dapat membantu mengurangi kehilangan nitrogen akibat volatilisasi amonia, karena bahan tersebut dapat berperan sebagai penyerap dan mengurangi tingkat uap amonia yang terlepas ke atmosfer. Karbon aktif atau arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Daya serap karbon aktif ini ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan yang dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Karbon aktif merupakan golongan karbon yang diproses untuk menghasilkan adsorben yang kuat dan karbon aktif dapat digunakan untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Ruiz, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa pupuk dalam bentuk *Slow Release Fertilizer* (SRF) dapat mengoptimalkan penyerapan hara oleh tanaman, karena SRF dapat mengendalikan pelepasan hara sesuai dengan waktu dan jumlah yang dibutuhkan. Penelitian oleh Kurniawan (2010) menunjukkan bahwa formulasi UZA (pupuk zeolit humic acid) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman yang diberi pupuk UZA mengalami peningkatan dalam jumlah batang dan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang diberi pupuk majemuk slow release

secara langsung. Formulasi UZA yang menggabungkan pupuk, zeolit, dan asam humat memberikan manfaat yang lebih besar dalam meningkatkan ketersediaan dan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Zeolit membantu menahan dan melepaskan kembali unsur hara secara perlahan, sementara asam humat dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan membantu proses penyerapan nutrisi oleh tanaman. Dengan demikian, pupuk UZA dapat menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan produktivitas tanaman padi, dan juga dapat membantu dalam mengurangi kehilangan nitrogen akibat volatilisasi amonia. Penggunaan formulasi pupuk seperti UZA dapat memberikan manfaat yang lebih baik bagi pertumbuhan tanaman dan berkontribusi pada peningkatan hasil pertanian.

Selain itu, Kurniawan (2010) menemukan bahwa pada perlakuan dengan 3% UZA (pupuk zeolit humic acid), terjadi pelepasan ion ammonium (NH_4^+) yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan jumlah pucuk produktif pada perlakuan UZA 3% dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan pupuk saja. Dari hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan formulasi pupuk UZA dengan kandungan zeolit dan asam humat mampu melepaskan unsur hara, khususnya ion ammonium, secara perlahan dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Peningkatan jumlah pucuk produktif menunjukkan bahwa tanaman merespon dengan baik terhadap perlakuan UZA 3%, dibandingkan dengan perlakuan menggunakan pupuk saja. Dengan demikian, penggunaan pupuk UZA dapat memberikan manfaat lebih dalam menyediakan unsur hara secara

optimal dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Penelitian ini memberikan indikasi positif bahwa formulasi pupuk UZA dapat menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan hasil pertanian dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa aplikasi pupuk nitrogen dan SRU (Slow Release Pupuk) dengan penambahan NPK semakin meningkatkan jumlah daun, panjang daun, lebar daun, diameter kotak, berat kotak dan berat kering. Pupuk pot dan sumber N yang terbuat dari pupuk dengan penambahan NPK dapat mengurangi waktu putus dibandingkan dengan tanaman kembang kol tanpa NPK.

