

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahan Organik**

Bahan organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan aktinomisetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, *Collembola*, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah (Tian, G., Brussaard, L., Kang, B.T., Swift, M.J., 1997). Mikro flora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, karena bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi.

Pengaruh positif yang lain dari penambahan bahan organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah adalah senyawa perangsang tumbuh (auxin), dan vitamin (Stevenson, 1982). Senyawa-senyawa ini di dalam tanah berasal dari eksudat tanaman, pupuk kandang, kompos, sisa tanaman dan juga berasal dari hasil aktivitas mikrobial dalam tanah.

Di samping itu, diindikasikan asam organik dengan berat molekul rendah, terutama bikarbonat (seperti *suksinat*, *ciannamat*, *fumarat*) hasil dekomposisi bahan organik, dalam konsentrasi rendah dapat mempunyai sifat seperti senyawa perangsang tumbuh, sehingga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Bahan organik di samping berpengaruh terhadap pasokan hara tanah juga tidak kalah pentingnya terhadap sifat fisik, biologi dan kimia tanah lainnya. Syarat tanah sebagai media tumbuh dibutuhkan kondisi fisik dan kimia yang baik. Keadaan fisik tanah yang baik apabila dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman dan mampu sebagai tempat aerasi dan lengas tanah, yang semuanya berkaitan dengan peran bahan organik. Peran bahan organik yang paling besar terhadap sifat fisik tanah meliputi : struktur, konsistensi, porositas, daya mengikat air, dan yang tidak kalah penting adalah peningkatan ketahanan terhadap erosi.

Kandungan bahan organik yang cukup di dalam tanah dapat memperbaiki kondisi tanah agar tidak terlalu berat dan tidak terlalu ringan dalam pengolahan tanah. Berkaitan dengan pengolahan tanah, penambahan bahan organik akan meningkatkan kemampuannya untuk diolah pada lengas yang rendah. Di samping itu, penambahan bahan organik akan memperluas kisaran kadar lengas untuk dapat diolah dengan alat-alat dengan baik, tanpa banyak mengeluarkan energi akibat perubahan kelekatan tanah terhadap alat.

### **2.1.1 Kriteria Bahan Organik Sebagai Pupuk**

Peran bahan organik terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan

bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P dan S merupakan hara yang relatif lebih banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman (Suntoro, 2003).

Bahan organik sebaiknya diberikan dalam bentuk kompos (terdekomposisi). Pengomposan diartikan sebagai proses biologis oleh mikroorganisme yang mengurai bahan organik menjadi bahan semacam humus. Bahan yang terbentuk mempunyai berat dan volume yang lebih rendah daripada bahan dasarnya, stabil, dekomposisi lambat, dan sebagai sumber pupuk organik.

Bahan organik mempunyai peranan penting sebagai sumber karbon, dalam pengertian yang lebih luas sebagai sumber pakan, dan juga sebagai sumber energi untuk mendukung kehidupan dan berkembangbiaknya berbagai jenis mikroba dalam tanah (Sisworo, 2006). Tanpa bahan organik, mikroba dalam tanah akan menghadapi keadaan defisiensi karbon sebagai pakan sehingga perkembangan populasi dan aktivitasnya terhambat. Akibatnya, proses mineralisasi hara menjadi unsur yang tersedia bagi tanaman juga terhambat.

Respon bahan organik terhadap sifat fisik tanah. Bahan organik berperan meningkatkan daya menahan air (*water holding capacity*), memperbaiki struktur tanah menjadi gembur, mencegah pengerasan tanah, serta menyangga reaksi tanah dari kemasaman, kebasaan, dan salinitas (Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., n.d. Halvlin. JL, 1993.). Kandungan bahan organik tanah yang tinggi juga memudahkan pengolahan tanah serta dapat menahan butiran tanah dari proses erosi permukaan (Chen, and Yung, 1990). Perbaiki sifat fisik tanah tersebut

merupakan nilai guna dan manfaat yang sangat besar dalam sistem produksi pertanian.

Respon bahan organik terhadap terhadap sifat kimia tanah. Bahan organik meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, berfungsi sebagai cadangan sekaligus sumber hara makro dan mikro, mengikat kation yang mudah tersedia bagi tanaman tetapi menahan kehilangan hara akibat pencucian (*leaching*), berfungsi dalam pembentukan *chelate* (ikatan organik) terhadap unsur mikro Fe, Zn, Mn sehingga tetap tersedia bagi tanaman (Tisdale *et al.*, 1993). Bahan organik juga meningkatkan ketersediaan beberapa unsur hara dan efisiensi penyerapan P (Hsieh and Hsieu, 1990).

Respon bahan organik terhadap terhadap sifat biologi tanah. Kandungan bahan organik yang tinggi dalam tanah mendorong pertumbuhan mikroba secara cepat sehingga dapat memperbaiki aerasi tanah, menyediakan energi bagi kehidupan mikroba tanah, meningkatkan aktivitas jasad renik (mikroba tanah), dan meningkatkan kesehatan biologis tanah (Tisdale *et al.*, 1993).

### **2.1.2 Kualitas Bahan Organik**

Pengaruh kualitas bahan organik terhadap dekomposisi dapat digunakan sebagai acuan dalam seleksi bahan organik. Komponen kualitas bahan organik yang penting meliputi nisbah C/N, kandungan lignin, kandungan polifenol, dan kapasitas polifenol mengikat protein (Handayanto, 1999).

C/N merupakan salah satu indikator yang menandakan berjalannya proses dekomposisi dan menunjukkan tingkat kematangan bahan organik. Selama proses dekomposisi bahan organik yang berbeda-beda terjadi perubahan total kandungan

C-organik. Pupuk organik yang sudah matang memiliki nilai C/N kurang atau sama dengan 20 (Smith and Peckenpaugh, 1986)

Heal (1997), mengemukakan bahwa kandungan hara N, P, dan S sangat menentukan kualitas bahan organik. Nisbah C/N dapat digunakan untuk memprediksi laju mineralisasi bahan organik. Bahan organik akan termineralisasi jika nisbah C/N dibawah nilai kritis 25 – 30, dan jika diatas nilai kritis akan terjadi imobilisasi N, untuk mineralisasi P nilai kritis C/P sebesar 200-300, dan untuk mineralisasi S nilai kritis sebesar 200-400 (Stevenson, 1982).

Hairiah, K., Van Noordwijk, M., Cadisch, G., (2000), mengemukakan (1). Kualitas bahan organik berkaitan dengan penyediaan unsur N, ditentukan oleh besarnya kandungan N, lignin dan polifenol rendah, yang juga penting ialah memiliki sinkronisasi pelepasan hara dengan saat tanaman membutuhkannya. Nilai kritis konsentrasi N adalah 1.9%; lignin > 15% dan polifenol >2%. (2). Kualitas bahan organik berkaitan dengan penyediaan unsur P ditentukan oleh konsentrasi P dalam bahan organik. Nilai kritis kadar P dalam bahan organik adalah 0.25%. (3). Kualitas bahan organik berkaitan dengan detoksifikasi Al. Bahan organik mampu menetralsir pengaruh racun dari aluminium sehingga menjadi tidak beracun lagi bagi akar tanaman. kemampuan merubah pengaruh zat beracun menjadi tidak beracun ini disebut dengan *detoksifikasi*. Kualitas bahan organik berkaitan dengan kemampuan dengan mendetoksifikasi ditentukan dengan tolak ukur total konsentrasi kation K, Ca, Mg, dan Na. Pelepasan kation-kation tersebut dari hasil dekomposisi bahan organik dapat menekan kelarutan Al melalui peningkatan pH tanah.

Proses dekomposisi atau mineralisasi, di samping dipengaruhi oleh kualitas bahan organiknya, juga dipengaruhi oleh frekuensi penambahan bahan organik, ukuran partikel bahan, kekeringan, dan cara penggunaannya dicampur atau disebar di permukaan tanah (Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., Merckx, R., 1996).

### **2.1.3 *Chromolaena odorata* Sebagai Bahan Organik Segar dan Kompos**

*Chromolaena odorata* sebagai bahan organik segar dan kompos dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Chromolaena odorata*

*Chromolaena odorata* merupakan jenis tanaman yang hidup di daerah dataran tinggi (Gambar 2.1). Tanaman ini cukup potensial dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik karena biomasnya tinggi. Pada umur 6 bulan *Chromolaena odorata* dapat menghasilkan biomassa sebanyak 11,2 ton/ha dan setelah berumur 3 tahun mampu menghasilkan biomassa sebanyak 27,7 ton/ha. Biomassa gulma *Chromolaena odorata* mempunyai kandungan hara yang cukup tinggi (2,65 % N, 0,53 % P, dan 1,9 % K) sehingga biomassa gulma

*Chromolaena odorata* merupakan sumber bahan organik potensial (Suntoro et al., 2001).

Hasil penelitian (Rovihandono, 2005), menunjukkan sistem perakaran gulma *Chromolaena odorata* bercabang banyak dan adventif sehingga mampu menyerap unsur N yang terikat kuat dalam tanah. Permukaan bawah daun yang halus dan muka atas yang kasar memungkinkan tumbuhan ini menyimpan air dan embun di musim kemarau. Kemampuan lainnya adalah dalam berfotosintesa dan bertranspirasi sangat efektif sehingga membantu dialirkannya unsur hara dalam tanah dan menyerapnya hingga tersimpan di daun dan bagian hijau lainnya.

Pengaruh *Chromolaena odorata* sebagai pupuk hijau dan kompos pada serapan hara pada tanaman padi sangat efesensi sehingga dapat meningkatkan hasil tanaman padi. Kandungan dari *Chromolaena odorata* segar maupun kompos dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Kandungan *Chromolaena odorata* pada beberapa hasil penelitian

| Refrensi   | Segar  |        |       | Kompos |        |        |      |           |
|--|--------|--------|-------|--------|--------|--------|------|-----------|
|  | N      | P      | K     | N      | P      | K      | C/N  | C.organik |
| Masulili A, Suryantini, Agnes Purwani dan Tutik Irianti. (2014). | 0.46 % | 0.13 % | 0.1 % | -      | -      | -      | -    | -         |
| Kastono D. (2005).   | -      | -      | -     | 2.42 % | 0.26 % | 1.60 % | 20.8 | -         |
| UB. (2016).  | -      | -      | -     | 3.79   | -      | -      | 9    | 33.64%    |

## 2.2 Dekomposisi Bahan Organik

Dekomposisi bahan organik merupakan proses perombakan bahan organik yang dilakukan oleh sejumlah mikroorganisme dari senyawa kompleks menjadi

senyawa yang lebih sederhana yang terjadi di dalam tanah. Proses perombakan bahan organik juga menyebabkan penyusutan volume bahan organik. Penyusutan volume terjadi akibat perubahan ukuran partikel bahan organik yang semakin kecil, semakin besar penyusutan volume bahan organik maka akan menghasilkan bahan organik yang lebih sedikit (Sitepu, 2013).

Misra, Roy, dan Hirauka (2003), menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik adalah proses perombakan bahan organik oleh mikrobia dalam kondisi yang terkontrol. Bahan organik tanah berperan penting dalam mempertahankan kesuburan dan kesehatan tanah dengan menyediakan unsur hara secara *slow release*. Selain itu, bahan organik tanah juga mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal, faktor yang memengaruhi mikrobia juga memengaruhi laju dekomposisi bahan organik.

Faktor-faktor yang memengaruhi proses dekomposisi, antara lain aerasi, kelembaban, C/N, pH, suhu dan tinggi timbunan bahan, dan ukuran bahan mentah. (1) Aerasi sangat diperlukan untuk mengurangi kadar air yang tinggi pada bahan organik dalam proses dekomposisi sehingga kondisi anaerob dapat dihindari. Ketersediaan oksigen yang ideal pada proses dekomposisi adalah 10-18%; (2) Kelembaban juga diperlukan untuk mendukung aktivitas metabolisme mikrob. Kadar air yang ideal adalah 40-65%; (3) Nilai C/N juga memengaruhi proses dekomposisi yang menunjukkan umur dan kematangan bahan baku. Nilai C/N bahan baku yang optimal antara 25:1 dan 30:1; (4) Selama proses dekomposisi terjadi mineralisasi nitrogen organik menjadi nitrogen amonia yang menyebabkan nilai pH meningkat, sedangkan penurunan pH disebabkan oleh

produksi asam-asam organik yang meningkat. pH ideal dalam proses dekomposisi adalah antara 6-8; (5) Selain itu, metabolisme mikrobia dalam tumpukan juga menimbulkan energi dalam bentuk panas (Misra *et al.*, 2003)

### **2.3 Mineralisasi Bahan Organik**

Mineralisasi yaitu proses pelepasan unsur hara yang berasal dari proses biokimia tanah yang mengkonversi bahan organik menjadi anorganik sedangkan pengaruh tidak langsung dapat menyebabkan akumulasi bahan organik tanah untuk memperbaiki sifat fisik tanah (Suntoro, 2003).

Peran bahan organik terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg, dan S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P, dan S merupakan hara yang relatif lebih banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman (Suntoro, 2003).

#### **2.3.1 Mineralisasi Nitrogen**

Bahan organik sumber nitrogen (protein) pertama-tama akan mengalami peruraian menjadi asam-asam amino yang dikenal dengan proses aminisasi, yang selanjutnya oleh sejumlah besar mikrobia heterotrofik mengurai menjadi amonium yang dikenal sebagai proses amonifikasi. Amonifikasi ini dapat berlangsung hampir pada setiap keadaan, sehingga amonium dapat merupakan bentuk nitrogen anorganik (mineral) yang utama dalam tanah (Nelson, W.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 1975).

Unsur nitrogen penting bagi tanaman dan dapat disediakan oleh manusia melalui pemupukan. Nitrogen umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$  walaupun urea ( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ) dapat juga dimanfaatkan oleh tanaman karena urea secara cepat dapat diserap melalui epidermis daun (Rosmarkam and Yuwono, 2002).

Menurut (Rosmarkam and Yuwono, 2002), mineralisasi senyawa nitrogen organik pada hakikatnya terjadi dalam tiga tahap sebagai berikut:

#### 1. Aminisasi

Populasi mikroba tanah yang heterotroph terdiri atas macam-macam bakteri dan jamur yang masing-masing bertanggung jawab atas satu atau lebih tahap peruraian bahan organik. Tiap tahap berpengaruh terhadap tingkat dan reaksi selanjutnya. Tahap awal dari perombakan bahan organik yang mengandung nitrogen adalah peruraian secara hidrolitik amin dari asam amino. Tahap ini disebut aminisasi dan yang melakukan tugas ini adalah jasad renik tanah yang heterotrofik. Reaksi proses animasi digambarkan sebagai berikut:



Tenaga yang dihasilkan tersebut menghasilkan jasad renik.

#### 2. Amonifikasi

Proses kedua amin mungkin asam amino yang dilepaskan selanjutnya digunakan oleh kelompok lain dari jasad renik dalam tanah dan dalam proses ini dibebaskan amoniak. Oleh karena itu, proses ini disebut amonifikasi. Garis besar reaksi amonifikasi adalah sebagai berikut:



Selanjutnya, ammonia yang dibebaskan dalam proses ini akan mengalami proses-proses lain yang mungkin berbeda, tergantung pada situasi. Proses tersebut antara lain:

- 1)  $NH_3$  diubah menjadi nitrit atau nitrat. Proses ini terkenal dengan proses nitrifikasi.
- 2) Bergabung dengan air menjadi ammonium, kemudian diserap oleh akar tanaman.
- 3) Digunakan oleh jasad renik lagi sehingga ammonium tak tersedia oleh tanaman, proses ini adalah immobilisasi.
- 4) Kadang-kadang difiksasi oleh lempung pite kisi 2 :1 yang terdapat dalam tanah.

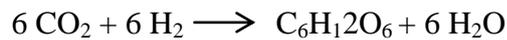
### 3. Nitrifikasi

$NH_4^+$  yang dibebaskan oleh jasad renik atau pupuk sering kali secara mikrobiologis diubah menjadi nitrat. Nitrifikasi sebetulnya ada dua tingkat, yaitu tingkat nitritasi yang merupakan oksidasi ammonium menjadi nitrit yang dilakukan oleh bakteri eutrotof obligat nitrosomonas. Umumnya, dalam waktu cepat nitrit yang terbentuk dari nitritasi diikuti dengan tingkat berikutnya, yakni nitratasi yang dilakukan oleh bakteri nitrobakter.

#### **2.3.2 Mineralisasi Karbon**

Tanaman mengambil unsur karbon berupa  $CO_2$  dari udara bebas (atmosfir). Kegiatan ini dilakukan oleh organ tanaman yang memiliki klorofil, umumnya bagian tanaman yang berwarna hijau dan terdapat diatas tanah. Klorofil

mampu menyerap energi cahaya (terutama sinar matahari) dan mengunahnya menjadi energi kimia. Energi tersebut digunakan untuk mengubah CO<sub>2</sub> menjadi senyawa organik termasuk karbohidrat (Rosmarkam and Yuwono, 2002).



Kadar CO<sub>2</sub> dalam atmosfer cukup stabil, yakni 0,03% volume atau 0,57 mg/liter udara. Tanpa adanya CO<sub>2</sub> diudara, maka kehidupan tanaman akan terhenti.

Keperluan seluruh tanaman untuk hidup diperkirakan sekitar 80 x 10<sup>9</sup> ton karbon pertahun. Dengan persediaan CO<sub>2</sub> dalam udara sebesar 0,03% volume, maka CO<sub>2</sub> tersebut akan habis diserap tanaman dalam waktu beberapa dekade saja. Berkar adanya daur (siklus) yang menghasilkan CO<sub>2</sub>, maka kadar gas tersebut relatif stabil (Rosmarkam and Yuwono, 2002).

### **2.3.3 Mineralisasi Pospor**

Posfor bersama-sama dengan nitrogen dan kalium, digolongkan sebagai unsur-unsur utama walaupun diabsorpsi dalam jumlah yang lebih kecil dari kedua unsur tersebut. Tanaman biasanya mengabsorpsi P dalam bentuk H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan sebagian kecil dalam bentuk sekunder HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Absorpsi kedua ion itu oleh tanaman dipengaruhi oleh pH tanah sekitar akar. Pada pH tanah yang rendah, absorpsi bentuk H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> akan meningkat (Leiwakabessy, 1988).

Hasil akhir mineralisasi bahan organik menghasil C (CO<sub>2</sub>), N dan P dengan perbandingan C : N : P dari berbagai tanaman berbeda-beda, yakni berkisar 229 : 100 : 0,4 sampai 70 : 10 : 1. Jika dibuat rata-rata dan untuk memudahkan mengingat perbandingan C : N : P adalah 100 : 10 : 1.

P tersedia dalam tanah anion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{=}$ . perbandingan kedua anion ini sangat dipengaruhi oleh pH tanah.

Pada pH 5,0 hampir tidak ditemukan  $\text{HPO}_4^{=}$  dan pada pH 9,0 tidak terdapat  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Sementara itu pada pH antara 6,5 sampai 7,0 perbandingan keduanya relative hamper sama (Rosmarkam and Yuwono, 2002).

#### **2.3.4 Mineralisasi Kalium**

Kalium mempunyai peranan yang penting dalam proses-proses fisiologis seperti : (1) metabolisme karbohidrat, pembentukan, pemecahan dan translokasi pati, (2) metabolisme nitrogen dan sintesa protein, (3) mengawasi dan mengatur aktivitas beragam unsur mineral, (4) netralisasi asam-asam organik yang penting bagi proses fisiologis, (5) Mengaktifkan berbagai enzim, (6) mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik, dan (7) mengatur pergerakan stomata dan hal-hal yang berhubungan dengan air (Hardjowigeno, 2007).

Menurut (Rosmarkam and Yuwono, 2002), sumber kalium yang terdapat dalam tanah berasal dari pelapukan mineral yang mengandung K. Mineral tersebut bila lapuk melepaskan K kelarutan tanah atau terjerapan tanah dalam bentuk tertukar. Letak kalium dalam lempung umumnya dalam permukaan dakhil (internal surface) yang sering diduduki oleh ion-ion  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{4+}$  juga molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . perubahan mineral karena pelepasan K dari mika menjadi montmorilonit.

## **2.4 Proses Penyerapan Bahan Organik Pada Tanaman**

### **Proses Penyerapan Hara secara Aktif**

Proses penyerapan unsur hara dengan energi aktif dapat berlangsung apabila tersedia energi metabolik. Energi metabolik tersebut dihasilkan dari proses pernapasan akar tanaman. Selama proses pernapasan akar tanaman berlangsung akan dihasilkan energi metabolik dan energi ini mendorong berlangsungnya penyerapan unsur hara secara proses aktif. Apabila proses pernapasan akar tanaman berkurang akan menurunkan pula proses penyerapan unsur hara melalui proses aktif. Bagian akar tanaman yang paling aktif adalah bagian dekat ujung akar yang baru terbentuk dan rambut-rambut akar. Bagian akar ini merupakan bagian yang melakukan kegiatan respirasi (pernapasan) terbesar (Hanafiah, 2005).

### **Proses Penyerapan Hara Selektif**

Lanjut Hanafiah (2005), menyatakan bagian terluar dari sel akar tanaman terdiri dari: (1) dinding sel, (2) membran sel, (3) protoplasma. Dinding sel merupakan bagian sel yang tidak aktif. Bagian ini bersinggungan langsung dengan tanah. Sedangkan bagian dalam terdiri dari protoplasma yang bersifat aktif. Bagian ini dikelilingi oleh membran. Membran ini berkemampuan untuk melakukan seleksi unsur hara yang akan melaluinya. Proses penyerapan unsur hara yang melalui mekanisme seleksi yang terjadi pada membran disebut sebagai proses selektif.

Proses selektif terhadap penyerapan unsur hara yang terjadi pada membran diperkirakan berlangsung melalui suatu carrier (pembawa). Carrier (pembawa) ini

bersenyawa dengan ion (unsur) terpilih. Selanjutnya, ion (unsur) terpilih tersebut dibawa masuk ke dalam protoplasma dengan menembus membran sel.

Mekanisme penyerapan ini berlangsung sebagai berikut:

(1) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk kation ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan  $NH_4^+$ ) maka dari akar akan dikeluarkan kation  $H^+$  dalam jumlah yang setara, (2) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk anion ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^-$ ) maka dari akar akan dikeluarkan  $HCO_3^-$  dengan jumlah yang setara.

Penggunaan bahan organik segar (belum mengalami proses dekomposisi) (nilai  $C/N > 25$ ) secara langsung yang dicampur atau dibenam didalam tanah akan mengalami proses penguraian secara aerob (pemberian bahan organik dilahan kering) atau anaerob (pemberian bahan organik dilahan sawah) lebih dahulu. Hal ini menyebabkan ketersediaan hara N, P, dan K tanah menurun, karena diserap dan digunakan oleh mikroba dekomposer untuk aktivitas peruraian bahan organik. Akibatnya terjadi persaingan antara tanaman dengan mikroba dekomposer dalam pengambilan unsur N, P, dan K. Selain terjadi persaingan dalam pengambilan hara, proses peruraian aerob juga menghasilkan energi atau suhu sehingga suhu tanah meningkat. Kedua hal tersebut dapat menyebabkan tanaman kekurangan hara (pertumbuhan tanaman terhambat) atau bahkan tanaman mati, oleh karena itu penggunaan bahan organik yang mempunyai kadar C tinggi tetapi kadar N, P dan K rendah, sebaiknya sebelum digunakan diproses lebih dahulu sampai bahan organik tersebut menjadi kompos. Pada bahan organik yang telah terdekomposisi (menjadi kompos) telah terjadi proses mineralisasi unsur hara dan terbentuk

humus yang sangat bermanfaat bagi kesuburan dan kesehatan tanah (Setyorini and Prihatini, 2003).

## **2.5 Kebutuhan N, P, K pada Pertumbuhan Tanaman Padi**

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman memerlukan nutrisi dalam jumlah yang relatif besar, terutama Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Unsur hara makro tersebut diperlukan dalam jumlah yang cukup dan berimbang untuk memperoleh produksi yang maksimal. Kebutuhan hara tanaman yang terpenuhi akan menyebabkan laju pembelahan, pemanjangan sel serta pembentukan jaringan berjalan cepat sehingga komponen pertumbuhan dan produksi benih akan meningkat (Ridwansyah, B., Basoeki, T.R., Timotiwu, P.B., 2013).

Yulianto, R., (2008) menyatakan bahwa untuk menghasilkan produksi yang tinggi, padi membutuhkan tersedianya nitrogen, fosfat, dan kalium dalam jumlah yang cukup. Tanggapan tanaman padi sawah terhadap dosis pupuk N, P, K yang terus meningkat mempengaruhi meningkatnya jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah permalai, bobot 1000 butir, dan berat gabah panen.

Kurniadie (2002), menyatakan bahwa dengan pemberian perlakuan 700 kg/ha pupuk majemuk NPK Phonska menyebabkan tanaman padi sawah varietas IR 64 mempunyai rata-rata tinggi tanaman yang paling tinggi pada umur 4 sampai 12 minggu setelah tanam dan berbeda dengan pemberian pemupukan dengan menggunakan pupuk tunggal (200 kg/ha urea + 100 kg/ha SP-36 + 100 kg/ha KCl). Hal ini disebabkan karena pemberian pupuk dalam jumlah yang banyak akan dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, terutama pupuk nitrogen yang dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman. Rata-rata tinggi

tanaman yang paling rendah pada tanaman padi sawah pada umur 4-12 minggu setelah tanam terdapat pada tanaman padi yang menggunakan pupuk tunggal yang merupakan dosis pemupukan yang biasa dilakukan oleh petani.

## **2.6 Residu Bahan Organik**

Residu tanaman berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroflora. Pemberian residu dapat membantu mikroorganisme heterotrop memobilisasi N selama dikomposisi substrat karbon (Darwis, 1997).

Hasil analisis ragam pengaruh residu bahan organik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang panjang menunjukkan bahwa residu berbagai dosis bahan organik berpengaruh nyata. Hasil pengamatan terhadap luas daun dan jumlah daun menunjukkan bahwa residu dari pemberian 15 ton ha<sup>-1</sup> bahan organik dapat meningkatkan luas daun dan menambah jumlah daun tanaman kacang panjang, dimana semakin luas daun dan semakin banyak daun yang dihasilkan tanaman maka semakin meningkat hasil yang diperoleh. Hal ini disebabkan pada daun terdapat banyak klorofil dan merupakan tempat berlangsungnya proses fotosintesis, dimana hasil yang berupa fotosintat akan ditranslokasi ke seluruh bagian tanaman, sehingga hasil yang diperoleh juga meningkat (La Ode Safuan Buludin, Ni Wayan Sri Suliartini., 2012).

Bahan organik banyak mengandung unsur hara N, P, dan K yang dapat berperan dalam pembentukan dan pertambahan luas daun, semakin tinggi residu bahan organik yang ada dalam tanah maka semakin banyak hara N, P, dan K yang dapat diserap oleh tanaman kacang panjang dan semakin banyak dan daun yang dihasilkan (La Ode Safuan *et al.*, 2012).

### **2.6.1 Pengaruh Residu *Chromolaena odorata* dalam Bentuk Segar dan Kompos dalam Pertumbuhan Tanaman padi**

Menurut Suntoro (2003), *Chromolaena odorata* mempunyai potensi untuk digunakan sebagai tanaman pupuk hijau pada budidaya kacang tanah. Tanaman liar *Chromolaena odorata* ('kirinyu') adalah tanaman perdu yang dominan pertumbuhannya pada lahan-lahan terbuka (Tjitrosoedridjo, S., Tjitrosoedridjo, S.S., Umaly, R.C., 1991). Pada umur 6 bulan *Chromolaena odorata* dapat menghasilkan biomasa sebesar 11.2 t ha<sup>-1</sup>, dan setelah umur 3 tahun mampu menghasilkan biomasa sebesar 27.7 t ha<sup>-1</sup> (Kasniari, 1996). Biomasa *Chromolaena odorata* mempunyai kandungan hara yang cukup tinggi (2.65% N, 0.53% P dan 1.9% K) sehingga biomasa *Chromolaena odorata* merupakan sumber bahan organik yang potensial untuk perbaikan kesuburan tanah (Chandrashekar and Gajanana, 1996).

Hasil penelitian Chandrashekar and Gajanana, (1996) di India menunjukkan bahwa penggunaan *Chromolaena odorata* sebagai pupuk hijau dengan dosis 10 t ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan produksi padi sebesar 9-15%. Dalam penelitian yang telah saya lakukan menunjukkan, penggunaan *Chromolaena odorata* sebagai pupuk hijau mampu meningkatkan hasil biji kacang tanah 29,79 persen dengan hasil biji 2 t ha<sup>-1</sup>, dan pengaruhnya mampu menyamai pupuk kandang, serta melebihi pengaruh dari pangkasan *Gliricidia* sp (1,84 t ha<sup>-1</sup>). Sedangkan pengaruh residu *Chromolaena odorata* untuk musim tanaman berikutnya, justru menunjukkan pengaruh yang lebih tinggi, yaitu dengan hasil biji sebesar 2,5 t ha<sup>-1</sup> yang menyamai pengaruh residu pupuk kandang (Suntoro *et al.*, 2001).

## 2.7 Fenologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi

Fenologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Fase Pertumbuhan Tanaman Padi

Gambar 2.2. menurut Ihsan, (2012) dapat dijelaskan bahwa fase pertumbuhan tanaman padi dibagi menjadi 2 (dua) bagian yakni fase vegetatif dan fase generatif sebagai berikut :

### 2.7.1 Fase Vegetatif

Menurut (Ihsan, 2012), Fase vegetatif adalah awal pertumbuhan tanaman, mulai dari perkecambahan benih sampai primordia bunga (pembentukan malai).

#### Tahap Perkecambahan Benih (*Germination*)

Pada fase ini benih akan menyerap air dari lingkungan (karena perbedaan kadar air antara benih dan lingkungan), masa dormansi akan pecah ditandai dengan kemunculan *radicula* dan *plumule*. Faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih adalah kelembaban, cahaya dan suhu. Petani biasanya melakukan perendaman benih selama 24 jam kemudian diperam 24 jam lagi.

Tahan perkecambahan benih berakhir sampai daun pertama muncul dan ini berlangsung 3-5 hari.

### **Tahap Pertunasan (*Seedling Stage*)**

Tahap pertunasan mulai begitu benih berkecambah hingga menjelang anakan pertama muncul. Umumnya petani melewati tahap pertumbuhan ini di persemaian. Pada awal di persemaian, mulai muncul akar seminal hingga kemunculan akar sekunder (*adventitious*) membentuk sistem perakaran serabut permanen dengan cepat menggantikan radikula dan akar seminal sementara. Di sisi lain tunas terus tumbuh, dua daun lagi terbentuk. Daun terus berkembang pada kecepatan 1 daun setiap 3-4 hari selama tahap awal pertumbuhan sampai terbentuknya 5 daun sempurna yang menandai akhir fase ini. Dengan demikian pada umur 15 – 20 hari setelah sebar, bibit telah mempunyai 5 daun dan sistem perakaran yang berkembang dengan cepat. Pada kondisi ini, bibit siap dipindah tanamkan.

### **Tahap Pembentukan Anakan (*Tillering Stage*)**

Setelah kemunculan daun kelima, tanaman mulai membentuk anakan bersamaan dengan berkembangnya tunas baru. Anakan muncul dari tunas aksial (*axillary*) pada buku batang dan menggantikan tempat daun serta tumbuh dan berkembang. Bibit ini menunjukkan posisi dari dua anakan pertama yang menggapit batang utama dan daunnya. Setelah tumbuh (*emerging*), anakan pertama memunculkan anakan sekunder, demikian seterusnya hingga anakan maksimal.

Pada fase ini, ada dua tahapan penting yaitu pembentukan anakan aktif kemudian disusul dengan perpanjangan batang (*stem elongation*). Kedua tahapan

ini bisa tumpang tindih, tanaman yang sudah tidak membentuk anakan akan mengalami perpanjangan batang, buku kelima dari batang di bawah kedudukan malai, memanjang hanya 2-4 cm sebelum pembentukan malai.

Sementara tanaman muda (tepi) terkadang masih membentuk anakan baru, sehingga terlihat perkembangan kanopi sangat cepat. Secara umum, fase pembentukan anakan berlangsung selama kurang lebih 30 hari. Pada tanaman yang menggunakan sistem tabela (tanam benih langsung) periode fase ini mungkin tidak sampai 30 hari karena bibit tidak mengalami stagnasi seperti halnya tanaman sistem tapin yang beradaptasi dulu dengan lingkungan barunya sesaat setelah pindah tanam.

Penggunaan pupuk nitrogen (urea) berlebihan atau waktu aplikasi pemupukan susulan yang terlambat memicu pembentukan anakan lebih lama (lewat 30 hst), namun biasanya anakan yang terbentuk tidak produktif.

**2.7.2 Fase Generatif.** Fase ini berlangsung sekitar 55 - 60 hari.

#### **A. Fase Reproduksi**

Tahap Inisiasi Bunga / Primordia (*Panicle Initiation*)

Perkembangan tanaman pada tahapan ini diawali dengan inisiasi bunga (*panicle initiation*). Bakal malai terlihat berupa kerucut berbulu putih (*white feathery cone*) panjang 1,0-1,5 mm. Pertama kali muncul pada ruas buku utama (main culm) kemudian pada anakan dengan pola tidak teratur. Ini akan berkembang hingga bentuk malai terlihat jelas sehingga bulir (*spikelets*) terlihat dan dapat dibedakan.

Malai muda meningkat dalam ukuran dan berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera menyebabkan pelepah daun menggebu (*bulge*). Pengegebuhan daun bendera ini disebut bunting sebagai tahap kedua dari fase ini (*booting stage*).

#### = Tahap Bunting (*Booting Stage*)

Bunting terlihat pertama kali pada ruas batang utama. Pada tahap bunting, ujung daun layu (menjadi tua dan mati) dan anakan non-produktif terlihat pada bagian dasar tanaman.

#### = Tahap Keluar Malai (*Heading Stage*)

Tahap selanjutnya dari fase ini adalah tahap keluar malai. *Heading* ditandai dengan kemunculan ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang sampai keluar seutuhnya dari pelepah daun. Akhir fase ini adalah tahap pembungaan yang dimulai ketika serbuk sari menonjol keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan (Ihsan, 2012).

#### = Tahap Pembungaan (*Flowering Stage*)

Pada pembungaan, kelopak bunga terbuka, antera menyembul keluar dari kelopak bunga (*flower glumes*) karena pemanjangan stamen dan serbuk sari tumpah (*shed*). Kelopak bunga kemudian menutup. Serbuk sari atau tepung sari (*pollen*) jatuh ke putik, sehingga terjadi pembuahan.

Struktur pistil berbulu dimana tube tepung sari dari serbuk sari yang muncul (bulat, struktur gelap dalam ilustrasi ini) akan mengembang ke ovary. Proses pembungaan berlanjut sampai hampir semua spikelet pada malai mekar. Pembungaan terjadi sehari setelah *heading*. Pada umumnya, *floret* (kelopak

bunga) membuka pada pagi hari. Semua spikelet pada malai membuka dalam 7 hari. Pada pembungaan, 3-5 daun masih aktif. Anakan pada tanaman padi ini telah dipisahkan pada saat dimulainya pembungaan dan dikelompokkan ke dalam anakan produktif dan nonproduktif.

Fase reproduktif yang diawali dari inisiasi bunga sampai pembungaan (setelah putik dibuahi oleh serbuk sari) berlangsung sekitar 35 hari. Pemberian zat pengatur tumbuh atau penambahan hormon tanaman (pythohormon) berupa gibberlin (GA3) dan pemeliharaan tanaman dari serangan penyakit sangat diperlukan pada fase ini. Perbedaan lama periode fase reproduktif antara padi varietas genjah maupun yang berumur panjang tidak berbeda nyata. Ketersediaan air pada fase ini sangat diperlukan, terutama pada tahap terakhir diharapkan bisa tergenang 5 – 7 cm (Ihsan, 2012).

## **B. Fase Pemasakan / Pematangan**

### **= Tahap matang susu ( *Milk Grain Stage* )**

Pada tahap ini, gabah mulai terisi dengan bahan serupa susu. Gabah mulai terisi dengan larutan putih susu, dapat dikeluarkan dengan menekan atau menjepit gabah di antara dua jari. Malai hijau dan mulai merunduk. Pelayuan (*senescense*) pada dasar anakan berlanjut. Daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau. Tahap ini paling disukai oleh walang sangit. Pada saat pengisian, ketersediaan air juga sangat diperlukan. Seperti halnya pada fase sebelumnya, pada fase ini diharapkan kondisi pertanaman tergenang 5 – 7 cm.

### **= Tahap Gabah ½ Matang ( *Dough Grain Stage* )**

Pada tahap ini, isi gabah yang menyerupai susu berubah menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning. Pelayuan (*senescense*) dari anakan dan daun di bagian dasar tanaman nampak semakin jelas. Pertanaman terlihat menguning. Seiring menguningnya malai, ujung dua daun terakhir pada setiap anakan mulai mengering.

**– Tahap gabah matang penuh (*Mature Grain Stage*)**

Setiap gabah matang, berkembang penuh, keras dan berwarna kuning. Tanaman padi pada tahap matang 90 – 100 % dari gabah isi berubah menjadi kuning dan keras. Daun bagian atas mengering dengan cepat (daun dari sebagian varietas ada yang tetap hijau). Sejumlah daun yang mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman. Berbeda dengan tahap awal pemasakan, pada tahap ini air tidak diperlukan lagi, tanah dibiarkan pada kondisi kering. Periode pematangan, dari tahap masak susu hingga gabah matang penuh atau masak fisiologis berlangsung selama sekitar 35 hari (Ihsan, 2012).