

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. DASAR TEORI**

##### **1. Tanah**

Tanah adalah suatu benda alam yang terdapat dipermukaan kulit bumi, yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan, dan bahan-bahan organik sebagai hasil pelapukan sisa-sisa tumbuhan dan hewan, yang merupakan medium atau tempat tumbuhnya tanaman dengan sifat-sifat tertentu, yang terjadi akibat dari pengaruh kombinasi faktor-faktor iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (Yuliprianto, 2010: 11).

Struktur tanah merupakan suatu sifat fisik yang penting karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta tidak langsung berupa perbaikan peredaran air, udara dan panas, aktivitas jasad hidup tanah, tersedianya unsur hara bagi tanaman, perombakan bahan organik, dan mudah tidaknya akar dapat menembus tanah lebih dalam. Tanah yang berstruktur baik akan membantu berfungsinya faktor-faktor pertumbuhan tanaman secara optimal, sedangkan tanah yang berstruktur jelek akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Struktur tanah dapat dikatakan baik apabila di dalamnya terdapat penyebaran ruang pori-pori yang baik, yaitu terdapat ruang pori di dalam dan di antara agregat yang dapat diisi air dan udara dan sekaligus mantap keadaannya. Agregat tanah sebaiknya mantap agar tidak mudah hancur oleh adanya gaya dari luar, seperti pukulan butiran air hujan. Dengan demikian tahan erosi sehingga pori-pori tanah

tidak gampang tertutup oleh partikel-partikel tanah halus, sehingga infiltrasi tertahan dan run-off menjadi besar. Struktur tanah yang jelek tentunya sebaliknya dengan keadaan diatas. Dan kegiatan yang berupa pengolahan tanah, pembajakan, pemupukan termasuk pengapuran dan pupuk organik, lebih berhubungan dengan aspek struktur daripada aspek tekstur tanah (Sarieff, 1986: 50-51).

Di dalam tanah banyak ditemukan ribuan jenis hewan dan mikroorganisme, dari yang berukuran sangat kecil (bakteri, fungi dan protozoa/invisibee mikro-biota) hingga biota yang berukuran sangat besar seperti cacing tanah, kutu, tikus, kaki seribu dan megafauna. Aktivitas biologi organisme tanah terkonsentrasi di topsoil. Komponen biologi menempati tempat yang tipis atau halus (<0.5%) dari total volume tanah dan membuat kurang dari 10% total bahan organik tanah. Komponen hidup ini terdiri dari akar tumbuhan dan organisme tanah.

Cacing tanah sering membentuk bagian utama biomassa hewan tanah dan dapat mempresentasikan hampir 50% biomassa hewan tanah di tanah padang rumput, dan hingga 60% tanah hutan. Cacing tanah dapat memperbaiki penyatuan bahan organik di bawah permukaan tanah, meningkatkan jumlah air tersimpan dalam agregat tanah, memperbaiki infiltrasi air, aerasi dan penetrasi akar dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Partikel tanah yang digerakkan ke berbagai posisi oleh akar, cacing tanah, baik melalui siklus kering atau basah dan melalui kekuatan lain sehingga membentuk struktur tanah. Produksi kotoran mesofauna juga menyumbang pembentukan struktur tanah partikel dan ruang-ruang yang terbentuk di antara partikel (Yuliprianto, 2010:77-79).

## **2. Unsur Hara Tanaman**

Unsur hara tanaman adalah unsur yang diserap oleh tumbuhan. Menurut Hanafiah (2007: 252), unsur kimiawi yang dianggap esensial sebagai unsur hara tanaman adalah jika memenuhi tiga kriteria sebagai berikut:

- a. Unsur ini harus terlibat langsung dalam penyediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.
- b. Unsur ini tersedia agar tanaman dapat melengkapi siklus hidupnya.
- c. Jika tanaman mengalami defisiensi hanya dapat diperbaiki dengan unsur tersebut.

Unsur hara makro esensial jika dibutuhkan dalam jumlah besar, biasanya diatas 500 ppm dan yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, biasanya kurang dari 50 ppm disebut mikro esensial.

Yang tergolong ke dalam unsur hara makro antara lain Nitrogen, hidrogen, oksigen, fosfor, kalium, belerang, kalsium dan magnesium. Sedangkan unsur hara mikro antara lain boron, besi, mangan, tembaga, seng, molibdenum, dan khlorin.

Menurut Sutejo, (1995 :22-39) jumlah besar yang dibutuhkan tanaman unsur hara tanaman dibedakan menjadi unsur hara makro dan mikro. Unsur makro terdiri atas :

### **a. Carbon, Oksigen, dan Hidrogen ( C, O, H )**

Carbon, Oksigen, da Hidrogen, merupakan bahan baku dalam pembentukan jaringan tubuh tanaman. Berada dalam bentuk  $H_2O$  (air),  $H_2CO_3$  (asam arang), dan  $CO_2$  dalam udara.

#### **1) Carbon (C)**

Penting sebagai pembangun bahan organik, karena sebagian besar bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik, diambil dalam bentuk  $\text{CO}_2$ .

2) Oksigen (O)

Terdapat dalam bahan organik sebagai atom dan termasuk pembangun bahan organik, diambil dalam bentuk  $\text{CO}_2$ .

3) Hidrogen (H)

Merupakan elemen pokok pembangun bahan organik, supplai dari air.

**b. Nitrogen**

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar, tetapi kalau terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanamannya.

Fungsi nitrogen bagi tanaman adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.
- 2) Dapat menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau (pada daun muda berwarna kuning).
- 3) Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman.
- 4) Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan.
- 5) Meningkatkan berkembangbiaknya mikroorganisme di dalam tanah.

Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  (nitrat) dan  $\text{NH}_4^+$  (amonium), akan tetapi nitrat ini segera tereduksi menjadi ammonium. Kekurangan unsur Nitrogen dapat terlihat dimulai dari daunnya, warnanya yang hijau agak kekuningan selanjutnya berubah menjadi kuning lengkap. Jaringan daun mati

daun mati inilah yang menyebabkan daun selanjutnya menjadi kering dan berwarna merah kecoklatan. Pada tanaman dewasa pertumbuhan yang terhambat ini akan berpengaruh pada pembuahan, yang dalam hal ini perkembangan buah tidak sempurna, umumnya kecil-kecil dan cepat matang. Kandungan unsur N yang rendah dapat menimbulkan daun penuh dengan serat, hal ini dikarenakan menebalnya membran-sel daun sedangkan selnya sendiri berukuran kecil-kecil.

**c. Fosfor**

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk  $H_2PO_4^-$ , dan  $HPO_4^-$ . Secara umum, fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut :

- 1) Dapat mempercepat pertumbuhan akar.
- 2) Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa.
- 3) Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah.
- 4) Dapat meningkatkan produksi biji-bijian.

Fosfor didalam tanah dapat digolongkan dalam 2 bentuk, yaitu bentuk organik dan bentuk anorganik. Di dalam tanah fungsi P terhadap tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik. Dan sebaliknya hanya sebagian kecil saja yang terdapat dalam bentuk anorganik sebagai ion-ion fosfat. Fungsi fosfat dalam tanaman adalah dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan produk biji-bijian dan dapat memperkuat tubuh tanaman padi-padian sehingga tidak mudah rebah.

Bagian-bagian tubuh tanaman yang bersangkutan dengan pembiakan generatif, seperti daun-daun bunga, tangkai-tangkai sari, kepala-kepala sari, butir-butir tepung sari, daun buah seta bakal biji ternyata mengandung P. Jadi, unsur P banyak diperlukan untuk pembentukan bunga dan buah. Defisiensi unsur hara ini akan menimbulkan hambatan pada pertumbuhan sistem perakaran, daun, batang, seperti misalnya pada tanaman serelia (padi-padian, rumput-rumputan penghasil biji yang dapat dimakan, jowawut, gandum, jagung), daun-daunnya berwarna hijau tua/keabu-abuan, mengkilap, sering pula terdapat pigmen merah pada daun bagian bawah, selanjutnya mati. Tangkai-tangkai daun kelihatan lancip-lancip. Pembentukan buah jelek, merugikan hasil biji.

**d. Kalium**

Kalium diserap dalam bentuk  $K^+$  (terutama pada tanaman muda). Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Zat kalium mempunyai sifat mudah larut dan hanyut, selain itu mudah difiksasi dalam tanah. Zat Kalium yang tidak diberikan secara cukup, maka efisiensi N dan P akan rendah, dengan demikian maka produksi yang tinggi tidak dapat diharapkan.

Kalium berperan membantu :

- 1) Pembentukan protein dan karbohidrat.
- 2) Mengerasakan jerami dan bagian kayu dari tanaman.
- 3) Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.
- 4) Meningkatkan kualitas biji/buah.

Defisiensi gejala yang terdapat pada daun, pada awalnya tampak agak mengkerut dan kadang-kadang mengkilap, selanjutnya sejak ujung dan tepi daun tampak menguning, warna seperti ini tampak pula diantara tulang-tulang daun, pada akhirnya daun tampak bercak-bercak kotor, berwarna coklat, dan jatuh kemudian mengering dan mati. Gejala yang terdapat pada batang yaitu batangnya lemah dan pendek-pendek, sehingga tanaman tampak kerdil. Gejala yang tampak pada buah, misalnya buah kelapa dan jeruk yaitu buahnya banyak yang berjatuhan sebelum masak, sedang masak buahnya berlangsung lambat. Bagi tanaman yang berumbi yang mengalami defisiensi K hasil umbinya sangat kurang dan kadar hidrat arangnya demikian rendah.

#### e. Kalsium

Kalsium diserap dalam bentuk  $\text{Ca}^{++}$ , sebagian besar terdapat dalam daun berbentuk kalsium pektat yaitu bagian lamella pada dinding sel. Selain itu terdapat juga pada batang, berpengaruh baik dalam pertumbuhan ujung dan bulu-bulu akar. Kalsium terdapat pada tanaman yang banyak mengandung protein.

Beberapa fungsi kalsium yaitu :

- 1) Kalsium dapat menetralkan asam-asam organik yang dihasilkan pada metabolisme.
- 2) Kalsium penting bagi pertumbuhan akar.
- 3) Kalsium dapat menetralkan tanah asam, dapat menguraikan bahan organik, tersedianya pH dalam tanah tergantung pada kalsium.

Defisiensi unsur Ca menyebabkan terhambatnya pertumbuhan sistem perakaran. Gejala yang tampak pada daun, dimana daun-daun muda selain

berkeriput mengalami perubahan warna, pada ujung dan tepi-tepiinya klorosis (berubah menjadi kuning) dan warna ini menjalar diantara tulang-tulang daun, jaringan-jaringan daun pada beberapa tempat mati. Kuncup-kuncup yang telah tumbuh mati. Defisiensi unsur Ca menyebabkan pertumbuhan tanaman demikian lemah. Karena pengaruh terkumpulnya zat-zat lain yang banyak pada sebagian dari jaringan-jaringannya, dan menyebabkan distribusi zat-zat yang penting bagi pertumbuhan bagian yang lain terhambat (tidak lancar).

**f.      Magnesium**

Magnesium diserap dalam bentuk  $Mg^{++}$ , merupakan bagian dari klorofil. Mg ini termasuk unsur yang tidak mobil dalam tanah. Kadar Mg di dalam bagian-bagian vegetatif dapat dikatakan rendah daripada kadar Ca, akan tetapi di dalam bagian-bagian generatif malah sebaliknya. Mg banyak terdapat dalam buah dan juga dalam tanah. Ada beberapa faktor seperti temperatur, kelembapan pH, dan beberapa faktor lainnya dapat mempengaruhi tersedianya Magnesium di dalam tanah.

Defisiensi Mg menimbulkan gejala-gejala yang tampak pada bagian daun, terutama daun-daun tua. Klorosis tampak diantara tulang-tulang daun, sedangkan tulang-tulang daun itu sendiri tetap berwarna hijau. Bagian di antara tulang-tulang daun itu secara teratur berubah menjadi kuning dengan bercak-bercak merah kecoklatan. Daun-daun ini mudah terbakar oleh teriknya sinar matahari karena tidak mempunyai lapisan lilin, karena itu banyak yang berubah warna menjadi coklat tua/kehitaman dan mengkerut. Defisiensi Mg menimbulkan pengaruh pertumbuhan biji.

**g. Sulfur (S)**

Sulfur diserap dalam bentuk  $\text{SO}_4^-$ . Sulfur yang larut dalam air akan segera diserap akar tanaman, karena zat ini sangat diperlukan tanaman (terutama tanaman-tanaman muda) pada pertumbuhan pemula dan perkembangannya. Pada kenyataannya S yang dibutuhkan banyak terdapat didalam tanah, sehingga tanah jarang menderita kekurangan S, bahkan terjadi kadang-kadang keracunan S.

Pada tanah pertanian banyak ditemukan bentuk senyawa belerang lain antara lain, belerang organik, sulfat yang larut dalam air, sulfat yang terabsorbsi, sulfat yang tidak larut ( $\text{BaSO}_4$ ) dan sulfat yang tidak larut yang bersenyawa dengan  $\text{CaCO}_3$ .

Defisiensi S gejalanya klorosis terutama pada daun-daun muda, perubahan warna tidak berlangsung serempak, melainkan pada bagian daun selengkapnya, warna hijau makin pudar berubah menjadi hijau sangat muda, kadang mengkilap keputih-putihan dan kadang perubahannya tidak merata tetapi berlangsung pada bagian daun selengkapnya.

Menurut Sutejo (1995: 74-77), yang termasuk unsur hara mikro adalah:

**a. Besi (Fe)**

Zat besi penting dalam pembentukan hijau daun (klorofil), pembentukan zat karbohidrat, lemak, protein, dan enzim. Tersedianya zat besi dalam tanah secara berlebihan, misalnya karena pemupukan dengan zat ini yang overdosis, dapat membahayakan bagi tanaman yaitu keracunan. Sebagai pupuk zat besi ini dipakai dalam bentuk larutan yang disemprotkan melalui daun atau dalam bentuk bubuk yang diinjeksikan pada tanah.

Gejala defisiensi Fe tampak pada daun muda, mula-mula tidak secara bersamaan berwarna hijau muda pucat atau hijau kekuningan, sedangkan tulang daun serta jaringannya tidak mati. Kemudian tulang daun terjadi klorosis, yang tadinya hijau menjadi kuning dan adapula yang menjadi putih. Dan jika terjadi pada musim kemarau, daun-daun muda banyak yang menjadi kering dan berjatuhan.

**b. Borium**

Borium diserap tanaman dalam bentuk  $BO_3$  dan berperan dalam pembentukan/pembiaakan sel terutama pada titik tumbuh pucuk, juga dalam pertumbuhan tepungsari, bunga dan akar. Kekurangan unsur ini dapat berpengaruh pada kuncup-kuncup pucuk yang tumbuh dan akibatnya adapat mematikan. Juga pertumbuhan meristem akan terganggu, dapat menyebabkan terjadinya kelainan-kelainan dalam pembentukan berkas pembuluh. Sehingga pengangkutan makanan menjadi terganggu, dan pembentukan tepung sarinya menjadi jelek. Kekurangan Borium banyak terjadi pada tanah berpasir dan tanah-tanah yang kaya akan kapur.

**c. Mangan (Mn)**

Mangan diserap tanaman dalam bentuk  $Mn^+$ . Mangan diperlukan oleh tanaman untuk pembentukan zat protein dan vitamin terutama vitamin C. Mn juga penting untuk mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang tua. Tersedianya Mn bagi tanaman tergantung pada pH tanah, dimana pH rendah Mangan akan banyak tersedia. Kelebihan Mn bisa dikurangi dengan cara menambah zat fosfor dan kapur. defisiensi Mn gejalanya daun-daun muda di

antara tulang-tulang daun secara bersamaan terjadi klorosis, dari warna hijau menjadi kuning dan selanjutnya putih.

**d. Tembaga (Cu)**

Unsur tembaga diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $Cu^{++}$ . Tembaga sangat diperlukan dalam pembentukan enzim-enzim dan juga pembentukan hijau daun (klorofil). Pada umumnya tanah jarang sekali kekurangan Cu, apabila terjadi maka akan berpengaruh pada daun yaitu daun bercoreng-coreng (belang), ujung daun memutih, dan juga pada pertumbuhan tanaman menjadi tidak normal (pelayuan cepat disertai batang-batang tanaman melemah).

**e. Seng (Zn)**

Zn diserap tanaman dalam bentuk  $Zn^{++}$ . Dalam keadaan yang sedikit Zn sudah cukup untuk tanaman dan apabila kelebihan dapat menjadi racun bagi tanaman. Kekurangan Zn terjadi pada tanah-tanah yang asam sampai sedikit netral. Defisiensi Zn dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif terhambat selain juga dapat menghambat pertumbuhan biji.

**f. Molibdenum (Mo)**

Mo diserap akar tanaman dalam bentuk  $MoO_4$  (ion Molibdat). Mo dalam tanah terdapat dalam bentuk  $MoS_2$ . Tersedianya Mo bagi tanaman dipengaruhi oleh pH. Dalam hal ini apabila pH rendah maka tersedianya Mo bagi tanaman akan kurang. Mo diperlukan tanaman dalam jumlah yang sedikit. Defisiensi unsur ini menimbulkan beberapa gejala pada tanaman, antara lain pertumbuhannya tidak normal, terutama pada sayur-sayuran. Secara umum daun-daunnya mengalami

perubahan warna, kadang-kadang mengalami pengkerutan terlebih dahulu sebelum mengering dan mati.

**g. Klorida (Cl)**

Dari hasil analisis pada tanaman ternyata bahwa Cl banyak terdapat pada abu tanaman (relatif besar) dari hasil penyelidikan Cl banyak terdapat pada tanaman yang mengandung serat. Terhadap tanaman yang menghasilkan tepung, Cl memberikan pengaruh yang jelek terhadap kualitas tepungnya. Defisiensi Cl dapat menimbulkan gejala pertumbuhan daun yang kurang normal (terutama pada tanaman sayuran), daun akan nampak kurang sehat dan berwarna tembaga.

Menurut Gardner, dkk, (2008:137) bahwa variasi dalam kuantitas macam-macam nutrisi esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman itu sangat besar. Kebutuhan kuantitatif tergantung pada jenis tanaman budaya, tingkat hasil panen, dan nutrisi tertentu tersebut. Status nutrisi dalam jaringan tumbuhan dan pertumbuhan tanaman sehubungan dengan status tersebut dapat dideskripsikan sebagai defisiensi, peralihan, cukup, dan beracun. Konsentrasi kritis jaringan didefinisikan sebagai konsentrasi tepat dibawah konsentrasi yang memberikan pertumbuhan optimum; tingkat konsentrasi minimum jaringan adalah konsentrasi yang memberikan pertumbuhan mendekati maksimum. Fenomena ini merupakan landasan untuk menguji status nutrisi jaringan sebagai petunjuk untuk memberikan rekomendasi dalam pemupukan.

Dilihat dari fungsi utamanya bagi tanaman, unsur-unsur hara ini dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Hara komponen: C, H, O, N, dan S yang peran utamanya sebagai komponen utama dari bahan-bahan organik.
- b. Hara energi: P, Mg dan B yang berperan dalam reaksi transfer energi dan translokasi karbohidrat.
- c. Hara keseimbangan ionik: K, Mg, Ca, dan Cl yang berfungsi tak spesifik, atau sebagai komponen spesifik dari senyawa-senyawa organik, atau untuk mempertahankan keseimbangan ionik.
- d. Hara enzimatik: Cu, Fe, mn, Mo dan Zn yang berperan dalam transpor elektron dan sebagai katalis reaksi-reaksi atau aktivitas enzimatik (juga K, Ca, Mg).
- e. Hara fiksasi: Fe, Mo dan Co yang berperan dalam proses fiksasi N<sub>2</sub>-bebas pada tanaman legum.
- f. Hara klorofil: N, Mg, Fe, Cu, dan Zn yang berperan sebagai penyusun atau dalam sintesis klorofil.
- g. Hara produksi oksigen: Mn dan Cl yang berperan dalam sistem produksi O<sub>2</sub>.
- h. Hara mekanikal: k, Ca, dan Mn yang berperan secara struktural atau fisik tanaman (Hanafiah, 2007: 253).

### **3. Pupuk**

Pupuk adalah hara tanaman yang ada dalam tanah, atmosfer, dan dalam kotoran hewan secara alami. Namun, hara yang ada itu tidak selalu tersedia dalam bentuk siap digunakan tanaman atau jumlahnya tidak mencukupi. Jadi, harus

ditambahkan dengan penggunaan pupuk, untuk membantu tanaman tumbuh mencapai potensi maksimum. Pupuk dapat digolongkan ke dalam dua kategori, organik dan anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari bahan-bahan makhluk hidup atau makhluk hidup yang telah mati, meliputi kotoran hewan, seresah, sampah, kompos, dan berbagai berbagai produk antara organik hidup.(Riyo Sumeikto,M.P, 2006:1)

**a. Pupuk Organik**

Menurut Rinsema, (1986), pupuk organik sangat penting karena sebagai berikut dapat memperbaiki struktur tanah. Pada waktu penguraian bahan organik oleh mikroorganisme di dalam tanah dibentuk produk yang mempunyai sifat perekat, yang mengikat butir-butir tanah menjadi butiran yang lebih besar. Di dalam terdapat tanah sistem tali-temali yang terdiri dari benang-benang jamur yang mengikat bagian tanah menjadi kesatuan. Hal yang sama berlangsung juga dimana akar halus tanaman pupuk hijau berfungsi sebagai pengikat. Agar tanah tidak begitu mudah terhambur dibawa oleh angin, maka pada tanah yang ringan perlu diberi pupuk organik. Pada tanah yang berat produk penguraian bahan organik akan mengurangi ikatan bagian dari tanah liat antara satu sama lainnya. Akibatnya struktur gumpalan tanah menjadi kurang kuat, sehingga ia mudah lepas pada waktu pengolahan tanah. Pada saat ini banyak digunakan alat berat, yang berpengaruh negatif terhadap struktur tanah untuk memperbaiki kerusakan tanah perlu dilakukan pemupukan yang teratur dengan pupuk organik.

Pupuk organik mempunyai manfaat sebagai berikut:

- 1) Menaikkan daya serap tanah terhadap air.

- 2) Menaikkan kondisi kehidupan didalam tanah.
- 3) Mengandung zat makanan tanaman dalam pupuk organik. Kebutuhan akan pupuk buatan menjadi berkurang dengan makin bertambahnya pupuk organik yang diberikan.

**b. Pupuk Organik Cair**

Sampah organik bisa digunakan sebagai bahan baku pupuk organik, misalnya bokashi padat dan bokashi cair. Kedua produk tersebut diperoleh dengan menggunakan bantuan bakteri yang terdapat dalam pupuk cair organik sehingga proses pembuatannya menjadi lebih cepat dibandingkan pembuatan pupuk kompos secara konvensional. Bahan baku pupuk cair yang bagus yaitu bahan organik basah atau bahan organik yang mempunyai kandungan air tinggi seperti sisa buah-buahan dan sisa-sisa sayuran. Semakin besar kandungan selulosa dari bahan organik (C/N rasio) maka proses penguraian oleh bakteri akan semakin lama. Bahan organik mempunyai C/N rasio besar di antaranya kayu, daun, jerami, atau cabang pohon. Bahan yang paling bagus untuk dijadikan pupuk cair yaitu sisa sayuran dan buah-buahan. Selain mudah terdekomposisi, bahan ini juga kaya nutrisi yang dibutuhkan tanaman (Purwendro dan Nurhidayat, 2006: 19).

**c. Kompos**

Kompos diperoleh dari hasil pelapukan bahan-bahan tanaman atau limbah organik seperti jerami, sekam, daun-daunan, rumput-rumputan, limbah organik pengolahan pabrik, dan sampah organik yang terjadi karena perlakuan manusia. (Effi Ismawati Musnamar,2009:21). Pengomposan adalah suatu proses dekomposisi bahan organik secara aerobik dengan bantuan mikroorganisme yang

hasilnya adalah bahan-bahan organik stabil dan mempunyai manfaat bagi masyarakat untuk digunakan sebagai pupuk organik.(Yuliprianto, 2010).

Bahan-bahan kompos yang masih segar masih tinggi C/N rasionya. Untuk itu, proses penguraian perlu dilakukan untuk menurunkan C/N rasio. Aplikasi kompos dengan C/N rasio yang masih tinggi ke tanah akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Saat proses penguraian oleh mikroorganisme berlangsung, akan dihasilkan zat karbondioksida dan panas yang tinggi. Kompos siap pakai biasanya memiliki C/N rasio mendekati C/N rasio tanah, yaitu 12-15 dengan suhu hampir sama dengan suhu lingkungan (Musnawar: 2009: 23). C/N Rasio beberapa bagian tanaman dan bahan organik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. C/N Rasio beberapa bagian tanaman dan bahan organik.

Bahan kompos	C/N Rasio
Kayu	200 – 400
Serbuk gergaji (umumnya)	400
Jerami gandum	40 -125
Jerami padi	50 – 70
Jerami jagung	100
Daun segar (tergantung jenisnya)	10 – 20
Daun kering (tergantung jenisnya)	50
Kulit kopi	15 – 20
Bahan pangkasan, cabang (tergantung jenisnya)	15 – 60
Pangkasan the	15 – 17
Daun dadap muda	11
Daun tephosia muda	11
Bungkil biji kapuk	10 – 12
Bungkil kacang tanah	7

Sumber : Buchman, Harry O., dan Nyle C. Brady et Effi Ismawati Musnamar, 2009: 23.

#### **d. Vermikomposting**

Secara sederhana, vermicomposting didefinisikan sebagai pengubahan limbah organik menjadi bahan organik stabil dalam bentuk vermicompos atau

casting melalui bantuan cacing tanah. Cacing tanah dapat menetralkisir berbagai racun dalam bahan organik yang digunakan kembali, menghemat biaya transportasi, koleksi dan terpusat, menciptakan lapangan kerja baru, polusi air, dan udara berkurang, mengurangi buruknya kesehatan lingkungan (Yuliprianto, 2010: 209-211).

Cacing tanah yang digunakan untuk vermicomposting bermacam-macam tergantung keadaan lokasi dan tujuan yang ingin dicapai, sebab keberadaan cacing tanah spesies vermicomposting di belahan bumi ini sangat terbatas. Sebagian besar spesies cacing tanah untuk vermicomposting berada di iklim sedang. Beberapa contoh cacing tanah vermicomposting yang sudah dikenal yaitu *Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida*, *Perionyx excavatus*. (Yuliprianto, 2010: 212) Beberapa contoh cacing tanah yang digunakan untuk pengomposan sebagai berikut :

- 1) Cacing tanah merah (*red worm*). Terdiri dari spesies-spesies *Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida* (*brandling worms*). Cacing tanah ini mempunyai ciri-ciri tidak tahan hidup di kebun dan daerah pertanian dalam jangka waktu lama, cepat berkembang biak pada tumpukan bahan kompos maupun limbah kandang tetapi beberapa diantaranya ada yang mati apabila bahan organic mulai panas karena aktivitas bakteri yang meningkat.
- 2) Cacing *Allolobophora* dan *Lumbricus terrestris* (*nightclaver*) Cacing tanah ini akan menyerang tumpukan bahan kompos dan limbah kandang dari bawah. Cacing tanah ini tidak dapat berkembang dengan cepat pada tumpukan bahan kompos yang temperaturnya tinggi karena akan mudah terbunuh

pada proses pemanasan. Cacing tanah spesies ini dapat juga digunakan dalam pengelolaan limbah organic, diantaranya : *Eudrillus eugeniae*.

#### **4. Pertumbuhan Tanaman**

Dalam arti sempit pertumbuhan berarti pembelahan sel (peningkatan jumlah), dan pembesaran sel (peningkatan ukuran). Kedua proses ini memerlukan sintesis protein dan merupakan proses yang tidak dapat berbalik (Gardner, dkk : 2008-248).

Menurut Gardner, dkk (2008: 249). Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, secara luas dikategorikan sebagai faktor eksternal (lingkungan) dan faktor internal (genetik), dikelompokkan sebagai berikut :

a. Faktor Eksternal

- 1) Iklim: cahaya, temperatur, air, panjang hari, angin dan gas (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, nitrogen [N] oksida, Fl, Cl, dan O<sub>3</sub>). Gas-gas ini seringkali merupakan polutan atmosfer (kecuali untuk tiga gas pertama) dan konsentrasinya dapat cukup tinggi untuk penghambat pertumbuhan.
- 2) Edafik (tanah): tekstur, struktur, bahan organik, kapasitas pertukaran kation (KTK), pH, kejemuhan basa, dan ketersediaan nutrisi.
- 3) Biologis: Gulma, serangga, organisme penyebab penyakit, nematoda, macam-macam tipe herbivora, dan mikroorganisme tanah.

b. Faktor Internal

- 1) Ketahanan terhadap tekanan iklim, tanah, dan biologis.
- 2) Laju fotosintetik.
- 3) Respirasi.

- 4) Pembagian hasil asimilasi dan N.
- 5) Klorofil, karoten, dan kandungan pigmen lainnya.
- 6) Tipe dan letak meristem.
- 7) Kapasitas untuk menyimpan cadangan makanan.
- 8) Aktivitas enzim.
- 9) Pengaruh langsung gen (misalnya heterosis, epistasis).
- 10) Diferensiasi.

## 5. Tanaman Sawi

### a. Klasifikasi

- |                |   |
|----------------|---|
| - Kingdom      | : <i>Plantae</i> ( Tumbuhan )                     |
| - Subkingdom   | : <i>Tracheobionta</i> ( Tumbuhan berpembuluh )   |
| - Super Divisi | : <i>Spermatophyta</i> ( Menghasilkan biji )      |
| - Divisi       | : <i>Magnoliophyta</i> ( Tumbuhan berbunga )      |
| - Kelas        | : <i>Magnoliopsida</i> ( Berkeping dua/ dikotil ) |
| - Sub kelas    | : <i>Dilleniidae</i>                              |
| - Ordo         | : <i>Capparales</i>                               |
| - Famili       | : <i>Brassicaceae</i> ( suku sawi-sawian )        |
| - Genus        | : <i>Brassica</i>                                 |
| - Spesies      | : <i>Brassica juncea</i>                          |
| - Kultivar     | : Toksakan  |
- ([http://plantamor.com/klasifikasi\\_sawi/sawi\\_hijau](http://plantamor.com/klasifikasi_sawi/sawi_hijau))

### c. Kultivar Toksakan

Benih varietas toksakan diproduksi oleh PT. East West Seed, Indonesia. Varietas ini dikenal sebagai sawi bakso (Caisim) Bangkok. Varietas ini memiliki ciri bagi tanaman: tanaman besar, bentuk semi buka dan tegak, batang tumbuh memanjang dan memiliki banyak tunas, tangkai daun panjang, lansing, berwarna hijau tua dan halus, daun lebar, panjang, tipis, permukaan daun dan pinggir daun rata, berwarna hijau, rasanya renyah dan tidak berserat. Pertumbuhan tanaman cepat, kuat dan

seragam. Varietas ini dapat ditanam sepanjang tahun, produksinya tinggi dengan potensi produksi 400 gram pertanaman, dan umur panen tanaman 25 hari setelah pindah tanam.

#### **d. Deskripsi Tanaman**

Sawi hijau (*Brassica rapa* convar. *parachinensis*; suku sawi-sawian atau *Brassicaceae*) merupakan jenis sayuran yang cukup populer. Dikenal pula sebagai caisim, caisin, atau sawi bakso, sayuran ini mudah dibudidayakan dan dapat dimakan segar (biasanya dilayukan dengan air panas) atau diolah menjadi asinan (kurang umum). Jenis sayuran ini mudah tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Bila ditanam pada suhu sejuk tumbuhan ini akan cepat berbunga. Karena biasanya dipanen seluruh bagian tubuhnya (kecuali akarnya), sifat ini kurang disukai. Pemuliaan sawi ditujukan salah satunya untuk mengurangi kepekaan akan suhu ini.

Herba semusim yang mudah tumbuh. Perkecambahannya epigeal (muncul dipermukaan tanah). Sewaktu muda tumbuh lemah, tetapi setelah daun ketiga dan seterusnya akan membentuk setengah roset dengan batang yang cukup tebal, namun tidak berkayu. Daun elips, dengan bagian ujung biasanya tumpul. Warnanya hijau segar, biasanya tidak berbulu. Menjelang berbunga sifat rosetnya agak menghilang, menampakkan batangnya. Bunganya kecil, tersusun majemuk berkarang. Mahkota bunganya berwarna kuning, berjumlah 4 (khas *Brassicaceae*). Benang sarinya 6, mengelilingi satu putik. Buahnya menyerupai polong tetapi memiliki dua daun buah dan disebut *siliqua*.  
([http://id.wikipedia.org/wiki/Sawi\\_hijau](http://id.wikipedia.org/wiki/Sawi_hijau))

### **e. Kandungan Nutrisi dan Manfaat**

Sawi kaya akan sumber vitamin A, sehingga berdaya guna dalam upaya mengatasi masalah kekurangan vitamin A atau penyakit rabun ayam (*Xerophthalmia*) yang sampai kini menjadi masalah di kalangan anak balita. Kegunaan petsai dalam tubuh manusia antara lain untuk mendinginkan perut, sedangkan sawi untuk memperbaiki daya kerja buah pinggang.

Kegunaan sawi (pakchoi/caisim) sudah umum diawetkan dalam bentuk asinan “Kimchee”. Sebagai sayuran daun, petsai dan sawi kaya akan sumber vitamin dan mineral.

### **f. Syarat tumbuh**

Sawi dikenal sebagai tanaman sayuran daerah iklim sedang (sub-tropis), tetapi saat ini berkembang pesat di daerah tropis. Kondisi iklim yang dikehendaki untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah daerah yang mempunyai suhu malam hari  $15,6^{\circ}\text{ C}$  dan siang hari  $21,1^{\circ}\text{ C}$  serta penyinaran matahari antara 10-13 jam per hari.

Di Indonesia, tanaman sawi, pada umumnya banyak di tanam di dataran rendah. Tanaman ini selain tahan terhadap suhu panas (tinggi), juga mudah berbunga dan menghasilkan biji secara alami pada kondisi iklim tropis Indonesia, sehingga tidak harus mengandalkan benih impor.

Sawi dapat ditanam pada berbagai jenis tanah, namun paling baik adalah jenis tanah lempung berpasir; seperti tanah Andosol. Pada tanah-tanah yang mengandung liat perlu pengelolaan lahan secara sempurna, antara lain pengolahan tanah yang cukup dalam, penambahan pasir dan pupuk organik dalam jumlah

(dosis) tinggi. Syarat tanah yang ideal untuk tanaman sawi adalah subur, gembur, banyak mengandung bahan organik (humus), tidak menggenang (becek), tata udara dalam tanah berjalan dengan baik, dan pH tanah antara 6-7. Penelitian dan pengembangan tanaman sawi di dataran rendah, umumnya ditanam pada jenis tanah Latosol dengan pH 6 serta dosis pupuk kandang minimum 20 ton/hektar. Dari berbagai literatur ditemukan, sawi toleran terhadap kisaran pH 5,9 - 8,2.

#### **g. Budidaya**

##### **1. Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman**

Waktu tanaman yang paling baik untuk menanam sawi adalah pada akhir musim hujan (Maret) atau pada awal musim hujan (Oktober). Meskipun demikian, dapat pula ditanam pada musim kemarau, asalkan keadaan airnya mencukupi.

Tata cara dan tahapan penanaman bibit sawi dilakukan sebagai berikut:

- a) Menyeleksi benih dalam kemasan yang memiliki ukuran yang sama.
- b) Merendam benih dalam air dingin selama 1 hari ( $\pm$  12 jam), sampai kelihatan biji pecah. Hal ini untuk mempercepat perkembangan dan pertumbuhan yang seragam setelah biji disemaikan.
- c) Membasahi media semai sehari sebelum biji ditabur (media tanam berupa pasir halus).
- d) Biji disebar menurut alur yang telah dibuat pada permukaan media semai sebelum kemudian ditutup pasir tipis-tipis.
- e) Memelihara bibit dengan penyiraman, penyiaangan, pencegahan dan pemberatasan hama penyakit. Sampai siap tanam (berdaun 3-5 helai).

##### **2. Pemeliharaan tanaman berikutnya adalah :**

**a) Penyiraman (pengairan)**

- (1) Pada fase awal pertumbuhan, perlu penyiraman (pengairan) secara rutin 1-2 kali sehari, terutama bila keadaan tanah cepat kering dan di musim kemarau. Pengairan selanjutkan berangsur-angsur dikurangi, tetapi keadaan tanahnya tidak boleh kekeringan.
- (2) Waktu penyiraman (pengairan) sebaiknya pagi hari atau sore hari.

**b) Penyiangan (pendangiran)**

- (1) Penyiangan dapat dilakukan 1-2 kali bersamaan dengan kegiatan pemupukan susulan.
- (2) Cara penyiangannya, adalah dengan mencabut gulma (rumput liar) dengan alat bantu tangan ataupun kored, parang, cangkul sambil menggemburkan tanah disekeliling tajuk tanaman sekaligus membersihkan rumput liar dalam parit.
- (3) Waktu penyiangan biasanya pada umur dua dan empat minggu setelah tanam.

**c) Pemupukan susulan**

- (1) Pemupukan susulan pada sawi dapat dilakukan dua kali yaitu pada umur dua dan empat minggu setelah tanam sedangkan pada sawi yang berumur pendek (genjah) dilakukan satu kali saat berumur dua minggu (15 hari ) setelah tanam.
- (2) Jenis dan dosis pupuk yang diberikan adalah pupuk ZA (*Zwefselzuur Amonia*) atau Urea sebanyak kurang lebih 50 kg Nitrogen /ha, setara dengan 110 kg Urea atau kurang lebih 240 kg ZA per hektar. Pada tanah yang kurang subur, dosis pupuk ZA dapat ditingkatkan menjadi kurang lebih 400 kg atau Urea kurang lebih 200 kg/hektar.

- (3) Bila pupuk Nitrogen diberikan dua kali, maka tiap kali pemupukannya digunakan setengah dosis dari anjuran tersebut.
- (4) Cara pemberian pupuk buatan dilakukan menurut larikan atau melingkar tajuk tanaman sejauh 15-20 cm dari pangkal batang sedalam 10-15 cm, kemudian pupuk tersebut ditutup tanah.

**d) Perlindungan Tanaman**

Perlindungan tanaman sawi diutamakan terhadap gangguan hama dan penyakit. Prinsip perlindungan tanaman dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) ini dilakukan secara terpadu, yakni melalui penerapan pengendalian cara alami, hayati (biologi), fisik dan mekanik, serta jurus terakhir penggunaan pestisida selektif.

**h. Panen dan Pengolahan Pascapanen**

Sawi sudah siap apabila umurnya sudah cukup tua, ukuran krop atau pembentukan daunnya telah maksimal, dan ciri-ciri lain sesuai dengan karakteristik varietasnya.

Sebagai pedoman (acuan) ciri-ciri sawi siap dipanen terdapat pada Tabel 2.

Cara panen sawi adalah mencabut seluruh bagian tanaman atau memotong bagian batang di atas tanah seperti panen petsai. Pada pertanaman yang baik dan tidak mendapat serangan hama atau penyakit, tiap hektar lahan (kebun) petsai dapat menghasilkan antara 25-60 ton, tergantung dari varietas dan jumlah populasi penanaman. Sedangkan produksi sawi berkisar antara 20-50 ton/hektar. Ciri-ciri sawi siap panen dapat dilihat pada Tabel 2.

### **1) Penanganan hasil panen**

Sawi termasuk sayuran yang mudah busuk dan rusak/susut. Untuk mempertahankan kesegaran dan kualitas produksi sawi perlu penanganan pasca panen yang baik.

Tata cara dan tahapan penanganan pascapanen sawi adalah:

**a) Pembersihan daun luar.**

- (1) Setelah krop sawi dipanen (dipotong) segera dikumpulkan di suatu tempat penampungan yang kondisi sekelilingnya teduh.
- (2) Daun-daun luar (daun tua) sebagian dibuang, dan hanya beberapa helai saja yang disertakan dengan krop.

Tabel 2. Ciri-ciri sawi siap panen

Jenis/Varietas	Ciri-ciri morfologis
1. Petsai <ul style="list-style-type: none"><li>- Sangihe</li><li>- Talaud</li><li>- Eikun</li><li>- Chorus</li></ul> 2. Pak Choi <ul style="list-style-type: none"><li>- Green Boy</li><li>- Tsoi-sim</li><li>- Show-Jean</li></ul> 3. Sawi (mustard) <ul style="list-style-type: none"><li>- Choho</li><li>- Summer Fest</li><li>- Caigran</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Krop berukuran besar, padat dan kompak. Umur 2,5 bln sejak benih (biji) disebar atau tergantung varietasnya.</li><li>- 41 hari setelah tanam (hst).</li><li>- 45 hst.</li><li>- 60 hst.</li><li>- 60 - 65 hst.</li><li>- Daun-daun muda berukuran besar dan berumur antara 30-45 hst., tergantung varietasnya.</li><li>- 30 – 40 hst.</li><li>- 40 hst.</li><li>- 30 hst.</li><li>- Daun-daun muda berukuran besar (maksimal) dan berumur antara 20-30 hari setelah tanam (hst) atau tergantung varietasnya.</li><li>- 25 hst.</li><li>- 21 hst.</li><li>- 30-40 hst.</li></ul>

**b) Sortasi dan pengelasan**

- (1) Krop yang telah dibersihkan dari daun-daun luar dapat segera dipisah-pisahkan antara krop yang abnormal, busuk/rusak dengan krop yang mulus.
- (2) Bersamaan dengan kegiatan sortasi dilakukan pula pengelasan (klasifikasi) berdasarkan bentuk/berat krop ataupun dengan criteria lain sesuai dengan permintaan pasar.

**c) Pencucian dan penirisan**

- (1) Krop sawi dicuci bersih dalam air yang mengalir atau airnya disemprotkan.
- (2) Krop sawi yang telah bersih segera ditiriskan di tempat (ruangan) yang teduh dan dingin.
- (3) Pengemasan untuk sasaran pasar jarak dekat, krop sawi dikemas secara sederhana, yaitu disusun dua tingkatan dengan posisi ujung krop bersentuhan ditengah-tengah, lalu diikat dengan tali bamboo atau tali rafia. Tiap ikatan biasanya berkisar antara 40-50kg. Cara lain: krop sawi dimasukkan bersusun dalam karung goni, bagian ujung krop menghadap keluar, dan setelah karung penuh segera dikuatkan dengan tali penguat.

**d) Pengemasan**

- (1) Untuk sasaran pasar antar daerah (wilayah) yang agak jauh, pengemasan krop sawi biasanya disusun secara teratur dalam bak mobil. Caranya: dasar bak mobil dilapisi daun-daunan/lembar terpal/lembar plastik; kemudian krop sawi

disusun secara teratur dengan posisi pangkal krop menghadap keluar. Sesudah bak mobil penuh, barulah ditutup dengan lembar terpal/plastik.

(2) Untuk sasaran pasar ekspor, krop sawi dikemas dalam container berupa dos karton/keranjang plastik/kantong plastik polyetilene yang diberi lubang-lugang kecil/ventilasi. Tiap container berisi 20-40kg atau tergantung pada pesanan pasar.

**e) Penyimpanan sementara**

(1) Di tempat penampungan atau di pasar - pasar dan tempat penjualan lainnya, krop sawi sebaiknya disimpan diruangan dingin yang suhu udaranya antara 0-5 dan kelembaban antara 70%-90% (*cold storage*); sehingga dapat tahan sekitar 10-14 hari. Di ruang terbuka (suhu kamar) tingkat kesegarannya tahan sekitar 3-5 hari.

**2) Pengolahan Pascapanen**

Sayuran sawi biasanya dikonsumsi dalam bentuk lalap segar, lalap masak, dan aneka masakan Cina lainnya seperti Mei Qing Choi dan campuran dengan campuran dengan jamur (*Mushroom*). Salah satu bentuk makanan olahan dari sawi adalah dibuat asinan. Daun sawi jenis Pak Choi yang diawetkan dengan cara fermentasi disebut “Kimchee”. Demikian pula daun sawi hijau bersama batang mudanya seringkali dibuat asinan.

**B. Kerangka Berpikir Teoritis**

*Brassica juncea* adalah salah satu jenis sayuran yang cukup popular dan mempunyai nilai ekonomi tinggi, selain karena sawi kaya akan sumber vitamin A yang kegunaannya dalam mengurangi penyakit rabun ayam (*Xerophthalmia*) yang

masih menjadi masalah di kalangan anak balita. Berdasarkan hal tersebut, salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas *Brassica juncea* adalah dengan melakukan pemupukan dengan menggunakan pupuk organic (vermikompos dan kompos daun serta kombinasinya) yang akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman *Brassica juncea*.

Tanaman sawi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Brassica juncea* kultivar “Toksakan”. Benih tanaman sawi yang diberi tiga jenis pupuk yaitu vermicompos dan kompos daun serta kombinasinya juga diberi 6 variasi dosis (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%). Benih tersebut kemudian disemaikan hingga menjadi bibit. Bibit yang ditanam ini akan diamati pertumbuhannya melalui parameter-parameter pengamatan yang telah ditetapkan yaitu tinggi tanaman, kadar klorofil daun, bobot basah, bobot kering, dan panjang akar.

Berdasarkan hasil pemberian vermicompos dan kompos daun serta kombinasinya, maka diperoleh informasi mengenai jenis pupuk dan variasi dosis yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal pada tanaman *Brassica juncea* “Toksakan”.

### **C. Hipotesis penelitian**

1. Macam kompos vermicompos yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman sawi yang optimal (*Brassica juncea* “Toksakan”).
2. Pada komposisi macam kompos 60% yang cenderung lebih baik masing-masing pupuk yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* “Toksakan”).

3. Terdapat interaksi macam kompos dan komposisi macam kompos yang berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* “Toksoakan”).