

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pupuk Anorganik**

Pupuk anorganik atau disebut juga sebagai pupuk mineral adalah pupuk yang mengandung satu atau lebih senyawa anorganik (Leiwakabessy dan Sutandi, 2004). Fungsi utama pupuk anorganik adalah sebagai penambah unsur hara atau nutrisi tanaman. Dalam aplikasinya, sering dijumpai beberapa kelebihan dan kelemahan pupuk anorganik. Beberapa manfaat dan keunggulan pupuk anorganik antara lain: mampu menyediakan hara dalam waktu relatif lebih cepat, menghasilkan nutrisi tersedia yang siap diserap tanaman, kandungan jumlah nutrisi lebih banyak, tidak berbau menyengat, praktis dan mudah diaplikasikan. Sedangkan kelemahan dari pupuk anorganik adalah harga relatif mahal dan mudah larut dan mudah hilang, menimbulkan polusi pada tanah apabila diberikan dalam dosis yang tinggi. Unsur yang paling dominan dijumpai dalam pupuk anorganik adalah unsur N, P, dan K.

Penggunaan pupuk anorganik yang tak terkendali menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas kesuburan fisik dan kimia tanah. Keadaan ini semakin diperparah oleh kegiatan pertanian secara terus menerus, sedang pengembalian ke tanah pertanian hanya berupa pupuk kimia. Hal ini mengakibatkan terdegradasinya daya dukung dan kualitas tanah pertanian sehingga produktivitas lahan semakin menurun. Pupuk anorganik mempunyai kelemahan, yaitu selain hanya mempunyai unsur makro, pupuk anorganik ini sangat sedikit atau pun hampir tidak mengandung unsur hara mikro (Lingga dan

Marsono, 2000). Kandungan hara dalam pupuk anorganik terdiri atas unsur hara makro utama yaitu nitrogen, fosfor, kalium; hara makro sekunder yaitu: sulfur, calcium, magnesium; dan hara mikro yaitu: tembaga, seng, mangan, molibden, boron, dan kobal.

## B. Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik yang diurai (dirombak) oleh mikroba, yang hasil akhirnya dapat menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Bahan-bahan yang termasuk dalam pupuk organik, antara lain pupuk kandang, kascing, sekam padi, kompos, limbah kota dan lain sebagainya. Pupuk organik juga sangat penting artinya sebagai penyangga sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pupuk dan produktivitas lahan (Nyoman *et al.*, 2013), serta sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, dan mengurangi pencemaran lingkungan (Simanungkalit, 2006). Manfaat utama pupuk organik adalah dapat memperbaiki kesuburan kimia, fisik, biologis tanah, selain sebagai sumber hara bagi tanaman.

Menurut Marsono dan Paulus, (2001) beberapa kelebihan pupuk organik antara lain: (1) Mengubah struktur tanah menjadi lebih baik sehingga pertumbuhan tanaman juga semakin baik. Saat pupuk dimasukkan ke dalam tanah, bahan organik pada pupuk akan dirombak oleh mikroorganisme pengurai menjadi senyawa organik sederhana yang mengisi ruang pori tanah sehingga tanah menjadi gembur. Pupuk organik juga dapat bertindak sebagai perekat sehingga

struktur menjadi lebih mantap. (2) Meningkatkan daya serap dan daya pegang tanah terhadap air sehingga tersedia bagi tanaman. Hal ini karena bahan organik mampu menyerap air dua kali lebih besar dari bobotnya. Dengan demikian pupuk organik sangat berperan dalam mengatasi kekeringan air pada musim kering. (3) Memperbaiki kehidupan organisme tanah. Bahan organik dalam pupuk ini merupakan bahan makanan utama bagi organisme dalam tanah, seperti cacing, semut, dan mikroorganisme tanah. Semakin baik kehidupan dalam tanah ini semakin baik pula pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan tanah itu sendiri.

#### C. Pupuk Hayati

Pupuk hayati dapat didefinisikan sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman (Simanungkalit, 2006). Pupuk hayati sama halnya dengan pupuk organik yang memiliki banyak manfaat dalam budidaya pertanian. Pupuk hayati berfungsi untuk meningkatkan hasil produksi, meningkatkan kualitas hasil, meningkatkan efisiensi dan mengurangi dosis pemakaian pupuk buatan, memperbaiki struktur fisik- kimia-biologi tanah, menekan serangan hama dan penyakit, menjadikan keseimbangan flora fauna dalam tanah tercipta dengan baik yang pada akhirnya membawa kebaikan untuk segala sisi budidaya pertanian.

Baru sebagian kecil dari ribuan spesies mikroba yang telah diketahui memiliki manfaat bagi usaha pertanian, seperti bakteri fiksasi N<sub>2</sub> udara pada tanaman kacang-kacangan, bakteri dan fungi pelarut fosfat, bakteri dan fungi

perombak bahan organik, serta bakteri, cendawan, dan virus sebagai agensia hayati. Namun masih banyak lagi mikroba yang belum teridentifikasi dan diketahui manfaatnya. Saraswati *et al.* (2004) menggolongkan fungsi mikroba secara umum menjadi 4 (empat) fungsi, yaitu: (1) meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dalam tanah, (2) sebagai perombak bahan organik dalam tanah dan mineralisasi unsur organik, (3) bakteri rizosfir-endofitik berfungsi memacu pertumbuhan tanaman dengan membentuk enzim dan melindungi akar dari mikroba patogenik, dan (4) sebagai agensia hayati pengendali hama dan penyakit tanaman. Berbagai reaksi kimia dalam tanah juga terjadi atas bantuan mikroba tanah.

#### D. Pupuk Organik Hayati

Pengertian pupuk organik hayati secara umum adalah pupuk organik yang mengandung isolat unggul seperti mikroba penambat nitrogen (N), mikroba pelarut fosfat (P), atau mikroba perombak selulosa yang diberikan ke biji, tanah ataupun tempat pengomposan dengan tujuan meningkatkan jumlah mikroba perombak selulosa dan mempercepat proses perombakan sehingga hara tersedia bagi tanaman.

Pupuk organik hayati adalah pupuk hayati dengan pembawa kompos (Gofar *et al.*, 2009). Prinsip penggunaan pupuk organik hayati adalah pemanfaatan kerja mikroorganisme tertentu dalam tanah yang berperan sebagai pendekomposisi bahan organik, membantu proses mineralisasi dan bersimbiosis dengan tanaman dalam menambat unsur-unsur hara sehingga memacu pertumbuhan tanaman serta sebagai agen biokontrol yang tidak berbahaya bagi

proses ekologi dan lingkungan. Dalam hal ini suplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dilakukan oleh bakteri penambat N dari udara dan bakteri pelarut fosfat yang dapat membantu tanaman meningkatkan serapan P, sehingga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia. Kandungan mikoriza didalam pupuk organik hayati dapat membantu akar dalam meningkatkan penyerapan unsur hara baik makro maupun unsur hara mikro.

Banyak mikroba yang bisa dimanfaatkan, antara lain, *Azospirillum* dan *Azotobacter* untuk menambat N dari udara tanpa harus bersimbiosis dengan tanaman. *Aeromonas* dan *Aspergillus* adalah contoh mikroba pelarut P yang sangat efektif dalam melepaskan ikatan P yang sukar larut. Selain itu, mikroba ini bisa memperbaiki aerasi dan agregasi tanah (Khudori, 2006). Pupuk organik hayati mengandung sumber hara seperti N, P, K, dan hara lainnya. Mikroba yang ditambahkan ke dalam pupuk organik hayati selain mampu meningkatkan ketersediaan hara, juga mampu meningkatkan efisiensi pengambilan hara (*uptake*) oleh tanaman sehingga efisiensi pemupukan meningkat.

## E. Kompos

### 1. Kompos

Kompos merupakan hasil fermentasi atau dekomposisi dari bahan-bahan organik seperti tanaman, hewan, atau limbah organik lainnya. Kompos yang digunakan sebagai pupuk adalah pupuk organik karena penyusunnya terdiri dari bahan-bahan organik. Kompos adalah hasil penguraian parsial tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara

artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, aerobik atau anaerobik (Djaja, W, 2008).

## 2. Teh Kompos

Teh kompos (*compost tea*) merupakan ekstrak air dari bahan kompos yang mengandung nutrisi terlarut, kaya akan berbagai organisme seperti bakteri, cendawan, protozoa dan nematoda (Anonim, 2007).

Teh kompos adalah cairan ekstrak kompos atau kompos yang telah 'matang' diproses menjadi teh kompos dengan cara memberi air dan nutrisi untuk pertumbuhan mikrobia kemudian diaerasi selama waktu tertentu (Nasir, 2007). Metode aerasi lebih unggul karena proses ekstraksi dan fermentasinya lebih cepat sehingga lebih efisien dalam waktu pembuatan. Komponen aktif dalam teh kompos yang telah dikenali termasuk mikroba *Actinomycetes*, *Pseudomonas*, *Sporobolmyces*, *Cryptococcus* dan jamur. Teh kompos mengandung bahan kimia bersifat antagonis seperti phenol dan asam amino. Senyawa kimia (antimikroba) yang dihasilkan oleh mikroba pada umumnya merupakan metabolit sekunder yang tidak digunakan untuk proses pertumbuhan. Kandungan antimikroba dalam teh kompos dapat dimanfaatkan sebagai biobakterisida (Kouyoumjian, 2007). *Compost tea* atau disebut juga ekstrak kompos merupakan kompos yang diekstrak dengan air kemudian ditambahkan berbagai nutrisi untuk meningkatkan aktivitas mikroba. *Compost tea* mengandung sejumlah mikroba seperti *Rhizobacteria*, *Trichoderma*, dan *Pseudomonas*, yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Sylvia, 2004). Mikroba tersebut memproduksi hormon pertumbuhan tanaman

dan senyawa kimia (seperti *siderophore*, *tannins*, *phenol*) yang bersifat antagonistik dengan berbagai patogen di dalam tanah (Antonio *et al.*, 2008).

Teh kompos mengandung bahan organik yang dapat meningkatkan nitrogen. Nitrogen dapat kembali ke tanah melalui pelapukan sisa makhluk hidup, limbah (bahan organik) nitrogen yang berasal dari bahan organik dapat dimanfaatkan oleh tanaman, senyawa nitrogen digunakan oleh tanaman untuk membentuk asam amino yang akan diubah menjadi protein, nitrogen juga dibutuhkan untuk membentuk senyawa penting seperti klorofil, oleh karena itu fungsi nitrogen juga dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman khususnya pada tahap pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan tunas atau perkembangan batang dan daun (Novizan., 2002).

Kualitas kompos, kematangan kompos dan kandungan mikroorganisme, menjadi hal yang paling penting diperhatikan untuk memproduksi teh kompos yang efektif. Jika kompos yang dipergunakan merupakan kompos dengan kualitas rendah maka *compost tea* yang dihasilkan juga menjadi berkualitas rendah (Wandy, 2009).

Penggunaan molase pada teh kompos meningkatkan populasi bakteri sampai 10 kali lebih tinggi dibandingkan pada kompos tea tanpa molase. Sementara penggunaan 'fish dan kelp hydrolysate' meningkatkan populasi jamur 10 kali lipat (Shrestha *et al.*, 2011).

## F. Limbah

### 1. Pengertian

Limbah industri adalah bahan sisa yang dikeluarkan akibat proses industri. Dalam industri pengolahan hasil pertanian dihasilkan limbah berupa limbah padat atau cair. Hasil penelitian Kosman dan Husain (2006), menunjukkan bahwa beberapa limbah industri hasil pertanian dapat digunakan sebagai pupuk organik yang dapat memperbaiki kesuburan dan produktivitas tanah. Pupuk organik sangat berguna untuk memperbaiki sifat-sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Pemberian pupuk organik dapat meningkatkan kandungan unsur hara makro dan mikro di dalam tanah yang sangat diperlukan oleh tanaman. Pupuk organik juga dapat memperbaiki daerah perakaran sehingga memberikan medium tumbuh yang lebih baik bagi tanaman. Selain itu pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang sangat bermanfaat dalam penyediaan hara tanaman. Pemanfaatan limbah industri sebagai pupuk dalam budidaya pertanian selain berguna dalam mensubsitisi kebutuhan pupuk anorganik yang semakin mahal, juga dapat menjadikan lingkungan lebih bersih dengan mengurangi tumpukan atau akumulasi limbah di suatu tempat (Kosman dan Husein, 2006).

### 2. CSL (*Corn Steep Liquor*)

Industry pengolahan hasil pertanian menghasilkan limbah berupa CSL (*Corn Steep Liquor*) dari hasil fermentasi jagung. CSL adalah residu yang berasal dari industri pengolahan jagung yang di dalamnya mengandung sejumlah besar asam amino, vitamin, dan mineral (Lucia *et al*, 2014).



Beberapa proses fermentasi dalam skala besar menggunakan garam amonium, urea atau gas amonia sebagai sumber nitrogen. Tetapi sumber nitrogen yang dapat dimetabolisme paling efisien adalah “*Corn Steep Liquor*”, yang terbentuk dalam proses produksi pati dari jagung. Ekstrak pekat dari “*Corn Steep Liquor*” (sekitar 4% nitrogen) mengandung berbagai asam amino seperti alanin, arginin, asam glutamat, isoleusin, threonin, valin, fenilalanin, methionin dan cystin. Gula yang terdapat didalamnya dapat diubah menjadi asam laktat (9- 20%) oleh bakteri asam laktat (Suprihatin, 2010).

### 3. Molase

Molase adalah hasil ikutan dari limbah perkebunan tebu yang berwarna hitam kecoklatan kandungan gizi yang cukup baik didalamnya sangat baik digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan pupuk organik hayati. Molase sebagai medium fermentasi digunakan sebagai sumber bahan makanan bagi bakteri selama proses fermentasi berlangsung.

Karbohidrat merupakan sumber energi tradisional dalam industri fermentasi. Glukosa dan sukrosa jarang digunakan sebagai satu-satunya sumber karbon karena harganya mahal, sedangkan limbah industri gula yaitu molase merupakan sumber karbohidrat termurah. Disamping mengandung sejumlah gula, molase juga mengandung senyawa bernitrogen, vitamin dan elemen terbatas. Komposisi molase bervariasi tergantung bahan mentah yang digunakan untuk produksi gula, misalnya molase gula bit dan gula tebu. Perbedaan mutu molase juga dipengaruhi oleh lokasi, kondisi iklim dan proses produksi pada masing-masing pabrik. Selain molase, residu dari sakarifikasi pati yang terkumpul setelah

kristalisasi gula juga sering digunakan sebagai substrat fermentasi. Misalnya molase hidrol adalah limbah produksi glukosa dari jagung (Suprihatin, 2010).

Bakteri akan menggunakan sumber karbohidrat sebagai sumber makannya. Ketika sumber karbohidrat di dalam medium telah habis terpakai, maka bakteri beralih menggunakan sumber nitrogen. Penambahan karbohidrat seperti tetes dimaksudkan untuk mempercepat terbentuknya asam laktat serta menyediakan sumber energi yang cepat tersedia bagi bakteri (Sutardi, 1981).

#### G. PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

Salah satu jenis mikroba menguntungkan yang dimanfaatkan untuk meningkatkan kesehatan tanaman adalah kelompok Rhizobakter pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria* atau PGPR) dan cendawan pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Fungi* atau PGPF). PGPR adalah bakteri yang mengkoloni perakaran tanaman dan berperan penting bagi pertumbuhan tanaman. Bakteri ini biasanya hidup berkembang dengan memanfaatkan eksudat yang dikeluarkan oleh perakaran tanaman (Meidiantie dan Heru, 2012). PGPR adalah kelompok bakteri menguntungkan yang agresif menduduki (mengkolonisasi) rizosfir (lapisan tanah tipis antara 1-2 mm di sekitar zona perakaran) (Husein *et al*, 2006).

Aktivitas PGPR memberi keuntungan bagi pertumbuhan tanaman, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pengaruh langsung PGPR didasarkan atas kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh. Sedangkan pengaruh

tidak langsung berkaitan dengan kemampuan PGPR menekan aktivitas patogen dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik dan *siderophore* (Kloepper *et al.*, 1991).

Berbagai jenis bakteri yang telah diidentifikasi sebagai PGPR, sebagian besar berasal dari kelompok gram-negatif dengan jumlah strain paling banyak dari genus *Pseudomonas* dan beberapa dari genus *Serratia* (Kloepper, 1993). Selain kedua genus tersebut, dilaporkan antara lain dari genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, dan *Bacillus* (Glick, 1995).

Secara umum, fungsi PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam tiga kategori, yaitu: (i) sebagai pemacu atau perangsang pertumbuhan (*biostimulants*) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti *indol asam asetat* (IAA), giberellin, sitokinin, dan etilen dalam lingkungan akar; (ii) sebagai penyedia hara (*biofertilizers*) dengan menambat N<sub>2</sub> dari udara secara simbiosis dan melarutkan hara P yang terikat di dalam tanah; dan (iii) sebagai pengendali patogen berasal dari tanah (*bioprotectants*) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen seperti *siderophore*,  $\beta$ -1,3- glukukanase, kitinase, antibiotik, dan sianida (Tenuta, 2006).

#### H. Produksi Hormon IAA oleh Bakteri

*Indole-3-acetic acid* (IAA) dikenal dengan nama hormon auksin berfungsi mengendalikan beberapa mekanisme fisiologi tumbuhan, seperti proses pembelahan sel dan diferensiasi jaringan tumbuhan. Hormon auksin yang dihasilkan oleh tumbuhan disebut IAA endogen, sedangkan IAA eksogen

merupakan hormon yang dihasilkan oleh organisme selain tumbuhan (Patten dan Glick 1996). IAA eksogen yang dihasilkan oleh bakteri penambat nitrogen dapat digunakan sebagai agen pemacu tumbuh tanaman (Alexander 1977). Produksi IAA antarspesies sangat bervariasi serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, tingkat pertumbuhan, dan ketersediaan substrat seperti asam amino (Frankenberger dan Arshad 1995). Produksi IAA pada medium pertumbuhan bakteri dapat didukung oleh prekursor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zakharova *et al.* (1999), *L-tryptophan* merupakan prekursor yang paling efisien digunakan bakteri.