

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mikroba Penambat Nitrogen

Penambatan nitrogen secara hayati yang non simbiotik dilakukan oleh jasad mikro yang hidup bebas. Enterobacteriaceae, Bacillus, Azotobacter, Azospirillum, dan Herbaspirillum telah terbukti mampu melakukan fiksasi N<sub>2</sub> (James and Olivares, 1997). Di samping itu, Azotobacter merupakan bakteri fiksasi N<sub>2</sub> yang mampu menghasilkan substansi zat pemacu tumbuh giberelin dan sitokinin sehingga dapat memacu pertumbuhan akar (Alexander, 1977). Populasi Azotobacter dalam tanah dipengaruhi oleh pemupukan. Faktor-faktor yang mempengaruhi penambatan nitrogen non simbiotik adalah faktor lingkungan, terutama ciri kimia dan fisika habitatnya (Imas, 1989). Faktor-faktor tersebut meliputi :

#### a. Ketersediaan senyawa nitrogen

Jasad mikro penambat N<sub>2</sub> pada umumnya juga mampu menggunakan amonium, nitrat, dan senyawa nitroge organik. Amonium lebih disukai dan bersama-sama dengan senyawa-senyawa yang dapat diubah menjadi amonium (seperti urea dan nitrat) merupakan penghambat penambatan nitroge yang paling efektif.

#### b. Ketersediaan nutrien anorganik

Bila jasad mikro penambatan nitrogen ditumbuhkan pada media yang mengandung garam-garam amonium dan senyawa nitrogen lainnya, beberapa

nutrien anorganik diperlukan dalam jumlah lebih sedikit daripada medium tersebut bebas dari nitrogen.

c. Macam sumber energi yang tersedia

Bagi jasad heterotrof, tersedianya sumber energi merupakan faktor utama yang membatasi laju dan besarnya asimilasi  $N_2$ . Penambatan gula sederhana, selulosa, jerami, atau sisa-sisa tanaman dengan nisbah C/N yang tinggi sering sekali meningkatkan dengan nyata transformasi N.

d. pH

pH mempunyai pengaruh yang nyata, *Azotobacter* dan *Sianobakteri* tergolong sangat peka pada tanah-tanah dengan pH kurang dari 6,0 sedangkan *Beijerinckia* tidak peka dan dapat tumbuh dan menambat  $N_2$  pada pH 3-9.

e. Kelembaban tanah

Kelembaban tanah sering kali menentukan laju penambatan nitrogen dan kandungan air optimum tergantung pada tanah yang bersangkutan dan jumlah bahan organik yang tersedia. Bila kelembaban terlalu tinggi maka keadaan aerobik berubah menjadi anaerobik.

f. Suhu

Suhu optimum bagi penambatan nitrogen adalah suhu sedang. Penambatan terhenti pada suhu beberapa derajat di atas suhu optimum. Di beberapa daerah beriklim sedang bagian Utara didapati bahwa penambatan nitrogen masih berlangsung sekalipun pada musim dingin. Jasad mikro pelakunya diperkirakan algae atau lumut kerak.

Kadar N total menunjukkan jumlah keseluruhan nitrogen di dalam bahan organik yang diberi inokulan penambat N, termasuk di dalamnya protein, asam amino,

amina, dan N mineral. Lebih lanjut Susanto (2002) menyatakan N total yang terdapat pada kompos dapat menjadi energi dan makanan bagi mikroorganisme, seperti bakteri. Maka, semakin tinggi kandungan N total pada kompos, semakin tinggi aktivitas mikroorganismenya (bakteri).

Kandungan N yang rendah pada awal pengomposan mengakibatkan sedikitnya jumlah populasi bakteri, karena masih tingginya C/N awal pada kotoran sapi tersebut. Mikroba pemecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Untuk menurunkan rasio C/N diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik (Toharisman, 1991) atau dengan menambahkan kotoran hewan karena kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen.

Kemampuan bakteri penambat N non simbiotik untuk mengikat nitrogen tanpa kehadiran inang dan kemampuannya untuk hidup pada kondisi masam membuat kelompok bakteri ini memiliki tingkat toleransi tinggi terhadap lingkungannya. Genus *Azotobacter* tumbuh dengan baik pada kondisi  $\text{NH}_3$  juga pada berbagai jenis media seperti karbohidrat, alkohol dan asam organik. *Azotobacter* bersifat aerob obligat, namun enzim nitrogenasenya sangat sensitif terhadap  $\text{O}_2$  sama seperti nitrogenase lainnya, oleh karena itu *Azotobacter* melakukan respirasi tinggi untuk melindungi nitrogenase dari  $\text{O}_2$  sehingga konsentrasi  $\text{O}_2$  intraseluler pada *Azotobacter* relatif lebih sedikit (Brock,dkk.,1994). Menurut Rao (1994),

bakteri penambat N non simbiotik mampu menyumbang sekitar 10 sampai 15 kgN/ha/tahun, tergantung dari tersedianya sumber karbon.

## **B. Mikroba Pelarut Fosfat**

Mikroba pelarut fosfat terdiri dari golongan bakteri dan fungi. Kelompok bakteri pelarut fosfat di antaranya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Brevibacterium*, sedangkan dari golongan jamur adalah *Aspergillus*, *Penicillium*, *Culvularia*, *Humicola*, dan *Phoma*. Mikroba yang berkemampuan tinggi melarutkan P umumnya juga berkemampuan tinggi melarutkan K (Yuliana, 2010). Pemberian inokulan mikroba pelarut P dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kelarutan P dan juga diharapkan meningkatkan aktivitas mikroorganisme (bakteri) selama proses dekomposisi. Inokulan yang diberikan berupa *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas fluorescens*.

Menurut (Buntan 1992 dalam Madjid, 2009) bahwa dalam aktivitasnya bakteri pelarut P akan menghasilkan asam-asam organik diantaranya asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glioksalat, malat, fumarat, tartarat dan alfa ketobutirat, meningkatnya asam-asam organik tersebut biasanya diikuti dengan penurunan pH.

Mikroorganisme yang berperan dalam proses pelarutan fosfat ini antara lain dari kelompok bakteri : *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus* disebut “phosphobacteria “, sedangkan dari kelompok fungi : *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Sclerotium*. Berdasarkan hasil penelitian Goenadi dkk. (1999), menerangkan bahwa fungi dapat lebih tinggi melarutkan fosfat alam. Pelarutan fosfat oleh bakteri pelarut fosfat berlangsung karena bakteri pelarut fosfat

melepaskan senyawa organik (asam-asam organik) yang mampu membuat kation-kation pengikat P menjadi tidak aktif karena berikatan dengan senyawa organik yang dilepaskan oleh bakteri. Sifat asam organik tersebut lebih penting dibandingkan jumlahnya. Efektivitas asam-asam organik tersebut tergantung pada kondisi lingkungan mikro di dalam tanah.

### **C. Interaksi antara Mikroba Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat**

Inokulasi ganda bakteri dan fungi pelarut fosfat ternyata mampu meningkatkan serapan P paling tinggi dibandingkan jika hanya diinokulasikan secara tunggal hanya bakteri atau jamur saja. Hal ini membuktikan bahwa bakteri pelarut fosfat maupun fungi pelarut fosfat yang diberikan yaitu *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus niger* dapat bekerja sinergis dalam melarutkan fosfat sehingga dapat meningkatkan ketersediaan fosfat. Hasil penelitian Fitriantini dkk (2008) menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang nyata antara pemberian inokulasi mikroorganisme penambat nitrogen dan pelarut fosfat. Inokulasi ganda bakteri dan fungi pelarut fosfat meningkatkan secara nyata serapan P. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, hasil penelitian Widawati (2005) bahwa aktivator fungi *Aspergillus niger*, *Trichoderma viridae*, dan *Chaetomium sp.* dapat mempercepat proses pematangan kompos, dan penurunan C/N ratio sesuai dengan standar perdagangan kompos yang ditetapkan oleh *Food and Fertilizer Technology Center* (FFTC).

Inokulan yang sering diberikan dalam proses pengomposan adalah inokulan penambat nitrogen. Salah satu inokulan penambat nitrogen adalah *Azotobacter*. Aktivitas *Azotobacter* dalam menambat nitrogen juga akan meningkatkan jumlah

sel bakteri mati yang merupakan sumber nitrogen setelah bakteri tersebut mengalami dekomposisi. Peningkatan ini berkaitan dengan saling sinergi, baik antar populasi dalam inokulan maupun dengan mikroba lain pada lingkungan yang sama dalam memperebutkan nutrisi dan tempat tumbuh (Hindersah dkk., 2004).

Hasil Penelitian Yuniarti dkk. (2009) menunjukkan bahwa pemberian inokulan mikroba pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp., dan *Penicillium* sp.) dengan pupuk P tidak menunjukkan adanya interaksi yang signifikan terhadap populasi mikroba pelarut fosfat. Penambahan inokulan mikroba pelarut fosfat (fungi dan bakteri) pada kompos akan menimbulkan kompetisi dalam aktivitasnya. Sehingga, penambahan inokulan mikroba pelarut P tidak meningkatkan jumlah populasi bakteri dan fungi pelarut P.

#### **D. Campuran Bahan Organik dan Batuan Fostat Alam sebagai Substrat bagi Mikroorganisme**

Kotoran sapi merupakan bahan yang baik untuk kompos karena relatif tidak terpolusi logam berat dan antibiotik. Kandungan fosfor yang rendah pada pupuk kandang dapat dipenuhi dari sumber lain. Prinsip pembuatan kompos adalah penguraian limbah organik menjadi pupuk organik melalui aktivitas mikro organisme.

Pupuk kandang merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan kompos. Pupuk kandang berasal dari hasil pembusukan kotoran hewan, baik itu berbentuk padat (berupa feses atau kotoran) maupun cair (berupa air seni atau kencing),

sehingga warna, rupa, tekstur, bau, dan kadar airnya tidak lagi seperti aslinya (Redaksi AgroMedia, 2007).

Ketersediaan bahan baku kotoran sapi segar dari industri penggemukan sapi di Provinsi Lampung mencapai 576.700 ton tahun<sup>-1</sup> diantaranya terdapat di PT Santosa Agrindo (Santori) di Kampung Bumiaji, Kecamatan Anaktuha, Lampung Tengah (Lamteng) 160 ribu kg hari<sup>-1</sup>, dan Sidomulyo Lampung Selatan 75 ton hari<sup>-1</sup>.

Batuan fosfat sumber bahan baku pupuk P juga tersedia di Provinsi Lampung, misalnya di Kec, Selagai Lingga Lampung Tengah, Kabupaten Tanggamus dan diproduksi di Sinar Harapan 80 PK Tanggamus, PT. Tajung Kemalaraya Tanggamus dan CV. Sinar Bara Manik Tanggamus. Batuan fosfat sebaiknya dapat diaplikasikan langsung ke tanah. Penggunaan batuan fosfat yang diberikan secara langsung sebagai pupuk fosfat merupakan salah satu cara untuk mengatasi mahalnnya harga pupuk dan rendahnya efisiensi pemupukan menggunakan pupuk superfosfat (Adiningsih dkk, 1998). Namun demikian, sifat batuan fosfat yang sukar terlarut dalam air menyebabkan laju pelarutannya tidak berimbang dengan kebutuhan fosfat tanaman (Matunubun dkk, 1988).

Kemudahan dekomposer bahan organik berkaitan erat dengan nisbah kadar hara. Secara umum, makin rendah nisbah antara kadar C dan N di dalam bahan organik, akan semakin mudah dan cepat mengalami dekomposer. Oleh karena itu, untuk mempercepat dekomposer bahan organik yang memiliki nisbah C dan N tinggi sering ditambahkan pupuk nitrogen dan kapur untuk memperbaiki perbandingan kedua hara tersebut serta menciptakan kondisi lingkungan yang lebih baik bagi

dekomposer. Selain itu, kandungan bahan juga mempengaruhi proses pengomposan.

Komarayati dkk, 2002, bahwa penambahan arang pada proses pembuatan arang kompos selain dapat mempercepat proses, juga dapat meningkatkan populasi mikroba antara lain bakteri. Fungsi arang disini adalah sebagai rumah bakteri atau sebagai tempat berkembang biak bakteri, karena arang merupakan sumber karbon (C). Dari beberapa penelitian lain diketahui bahwa bakteri menempati jumlah total populasi terbesar. Diduga dalam kegiatan selulolitik, bakteri lebih aktif dibandingkan dengan jamur dan actinomycetes (Rao, 1994).

Pemberian bahan organik dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas metabolisme organisme tanah serta meningkatkan kegiatan jasad mikro dalam membantu proses dekomposisi bahan organik. Aktivitas mikroorganisme potensial dan penambahan hara pada tanah dapat ditingkatkan dengan pemberian bahan organik. Bahan organik mengandung sejumlah enzim dan zat tumbuh yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan jasad mikro. Peranan bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas biota tanah, juga sebagai sumber energi bagi mikroba tanah (Shiddieq dan Partoyo, 1999).

Hasil penelitian Noor (2008) menunjukkan bahwa pemberian fosfat alam yang dicampurkan dengan pupuk kandang dengan kombinasi faktor perlakuan 7,5% fosfat alam + 92,5% pupuk kandang, dapat meningkatkan P tersedia sebesar 30% dibandingkan dengan kontrol. Jika campuran diinokulasi dengan bakteri pelarut dapat meningkatkan P tersedia sampai 48% dibandingkan dengan kontrol (Noor, 2008). Dalam hal ini faktor nisbah campuran bahan organik dan batuan fosfat menentukan besarnya pelepasan N dan sekaligus P (Soelaeman, 2008).