

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mineralisasi N dari Bahan Organik yang Dikomposkan

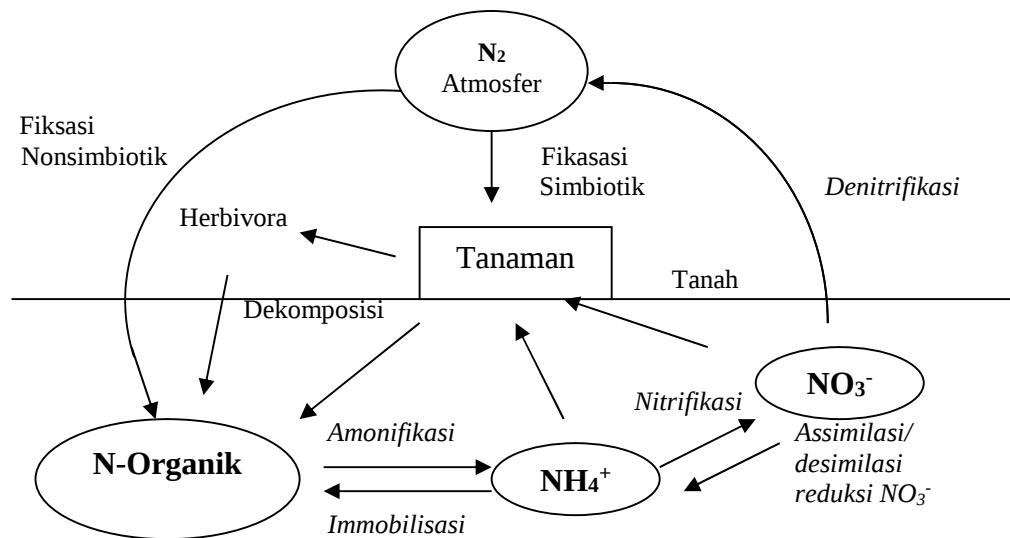
Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari bahan-bahan yang terdapat di dalam tanah, seperti serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia. Bahan organik memiliki kemampuan mengikat dan menahan ion-ion hara serta mengatur pelepasannya, selain itu berperan dalam penggabungan partikel-partikel tanah ke dalam bentuk agregat yang lebih stabil, sehingga aliran air dan sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik serta kemampuan tanah menahan air akan meningkat (Kononova, 1966).

Menurut Havlin, dkk., (1999, *dalam* Noor, 2008), pemberian bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P, karena bahan organik di dalam tanah berperan dalam pembentukan kompleks organofosfat yang mudah diasimilasi oleh tanaman, penggantian anion H_2PO_4^- pada tapak jerapan, penyelimutan oksida Fe/Al oleh humus yang membentuk lapisan pelindung dan mengurangi penjerapan P, serta meningkatkan jumlah P organik yang dimineralisasi menjadi P anorganik.

Peran pupuk kandang 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. Pupuk kandang sebagai salah satu 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 (Tisdale dan Nelson, 1966).

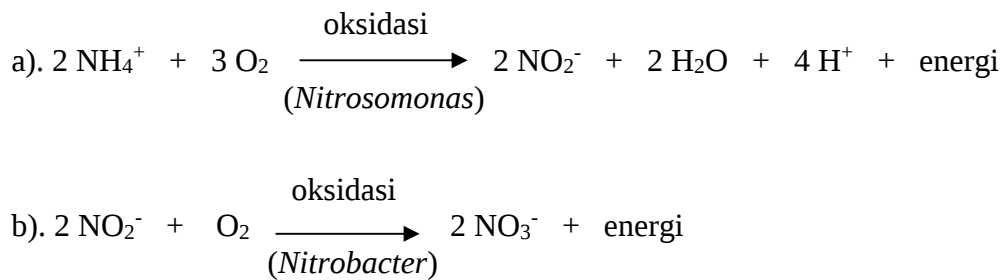
Amonium yang dihasilkan dapat secara langsung diserap dan digunakan tanaman untuk pertumbuhannya, atau oleh bakteri untuk segera dioksidasi menjadi nitrat yang disebut dengan proses *nitrifikasi*. *Nitrifikasi* adalah proses bertahap yaitu proses *nitritasi* yang dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dengan menghasilkan nitrit, yang segera diikuti oleh proses oksidasi berikutnya menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* yang disebut dengan *nitratasi*. Nitrat merupakan hasil proses mineralisasi yang banyak disukai atau diserap oleh sebagian besar tanaman budidaya (Hakim, dkk., 1986).

Berikut ini gambar siklus Nitrogen :



Gambar 1. Siklus Nitrogen

Proses Nitrifikasi :



Menurut Hakim, dkk., (1986) ketersediaan N dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1). Jasad Renik

Cara utama nitrogen masuk ke dalam tanah adalah akibat kegiatan jasad renik, baik yang hidup bebas maupun yang bersimbiosis dengan tanaman. Jika tanaman atau jasad renik pengikat nitrogen bebas mati, bakteri pembusuk membebaskan asam amino dari protein, bakteri amonifikasi membebaskan amonium dari grup amino, yang kemudian dilarutkan dalam larutan tanah. Amonium diserap oleh tanaman setelah dikonversikan menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi.

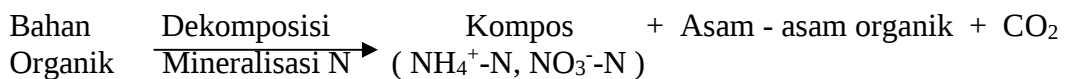
2). Iklim

Jumlah nitrogen yang masuk ke dalam tanah adalah sangat bervariasi dan tergantung kepada tempat dan musim. Secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan nitrogen akan lebih banyak pada daerah tropis dari pada iklim lainnya.

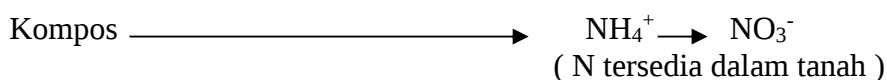
3). Kegiatan Manusia

Kegiatan manusia juga mempengaruhi ketersediaan N dalam tanah, yaitu kegiatan ketika pemanenan. Kehilangan nitrogen bersama panen adalah cukup besar. Besar kecilnya kehilangan nitrogen bersama panen ini sangat tergantung dari jenis, umur, serta tujuan penggunaan dari tanaman tersebut. Kehilangan ini akan lebih besar bila seluruh bagian tanaman ikut dipanen.

Pemilihan jenis kotoran ternak yang dapat digunakan sebagai pupuk kandang dapat didasari oleh kadar hara. Setiap jenis ternak memiliki unsur hara yang berbeda-beda tergantung dari jenis makanan, fungsi ternak, dan jenis bahan yang dipergunakan sebagai alas kandangnya. Dalam proses dekomposisi bahan organik, terjadi mineralisasi N, pelepasan CO₂, pelepasan asam-asam organik dan akhirnya menghasilkan kompos (Redaksi Agromedia, 2007).



Terdekomposisi dalam tanah



Kompos merupakan salah satu pupuk organik yang dihasilkan dari proses pengomposan bahan organik. Jika diaplikasikan ke tanah dapat memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, menambah kemampuan tanah menahan air, meningkatkan ketersediaan unsur mikro, serta tidak menimbulkan polusi bagi lingkungan.

Tabel 1. Kandungan hara beberapa bahan dasar pupuk organik sebelum dan sesudah dikomposkan.

Jenis Bahan Asal	KA	C	N	P	K	Rasio C/N
Bahan Segar			(%)			
Kotoran Sapi	80	63,64	1,53	0,67	0,70	41,46
Kotoran Kambing	64	46,51	1,41	0,54	0,75	32,98
Kotoran Ayam	57	42,18	1,50	1,97	0,68	28,12
Kompos						
Kotoran Sapi			2,34	1,08	0,69	16,8
Kotoran Kambing			1,85	1,14	2,49	11,3
Kotoran Ayam			1,70	2,42	1,45	10,8

Sumber : Hartatik dan Widowati (2006).

Pengomposan dimaksudkan untuk menurunkan nisbah C/N bahan organik, karena untuk dapat diaplikasikan ke dalam tanah secara efektif, nisbah C/N harus kurang dari 20. Nisbah C/N kompos yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya immobilisasi N karena semua nitrogen anorganik yang tersedia dalam tanah akan dikonversikan ke dalam tubuh organisme dalam bentuk organik. Jadi, terjadi kompetisi terhadap nitrogen antara tanaman inang dengan bakteri.

Pada saat nisbah C/N lebih kecil dari 20, maka ini berarti telah terjadi pelepasan nitrogen dari bahan organik akibat dekomposisi ke dalam tanah. Dalam keadaan demikian sebagian bahan organik telah dilapuk, dimana bahan berenergi sudah berkurang dan asimilasi nitrogen oleh bakteri juga telah berkurang. Keadaan ini

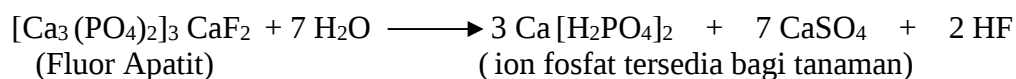
akan menunjang terjadinya proses nitrifikasi dan nitrat mulai lagi menimbun. Jadi nisbah karbon nitrogen, melalui pengaruh selektifnya terhadap organisme tanah, dapat mengendalikan nitrifikasi dan adanya nitrat dalam tanah (Hartatik dan Widowati, 2006).

B. Pelarutan P dari Batuan Fosfat Alam

Batuan fosfat baik yang berkadar P rendah maupun tinggi menjadi sumber utama pembuatan pupuk superfosfat. Meskipun batuan fosfat berkadar P tinggi, tetapi pada umumnya pelepasan ion-ion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) tersedia sangat lambat, sedangkan pupuk superfosfat yang diproses secara industri dari batuan fosfat mempunyai kecepatan memadai dalam melepaskan ion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) tersedia bagi tanaman.

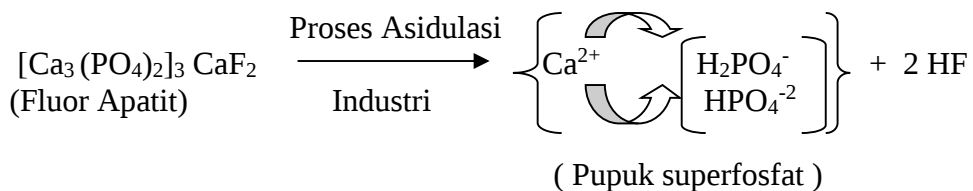
Batuan fosfat dapat diaplikasikan langsung ke tanah yang secara alami dapat melepaskan PO_4^{3-} tersedia bagi tanaman, jika di dalam tanah terdapat cukup ion H^+ untuk membantu melarutkan P dari batuan fosfat, tetapi prosesnya sangat lambat dan hanya terjadi pada tanah yang asam, serta adanya mikroba pelarut fosfat. Penelitian di daerah tropik, menunjukkan bahwa pengaruh batuan fosfat secara langsung mempunyai prospek yang baik, jika digunakan pada tanah yang bereaksi asam (Sarno, 1996).

Reaksi batuan fosfat yang diaplikasikan secara langsung pada tanah masam berlangsung lambat.

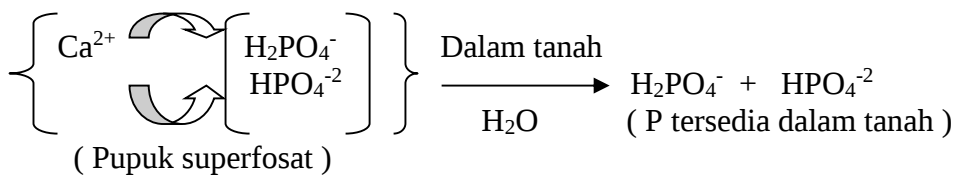


Penggunaan batuan fosfat yang diberikan secara langsung sebagai pupuk fosfat merupakan salah satu cara untuk mengatasi mahalanya harga pupuk dan rendahnya efisiensi pemupukan menggunakan pupuk superfosfat (Adiningsih, dkk., 1998). Namun demikian, sifat batuan fosfat yang sukar terlarut dalam air menyebabkan laju pelarutannya tidak berimbang dengan kebutuhan fosfat tanaman (Matunubun, dkk., 1988). Keuntungan penggunaan batuan fosfat alam secara langsung adalah harganya yang relatif lebih murah, dapat digunakan secara langsung, efektivitasnya hampir sama dengan TSP atau SP-36 dan menghemat tenaga kerja (Adiningsih, dkk., 1998).

Pupuk fosfat dibuat secara industri dari batuan fosfat pada umumnya melalui proses asidulasi, yaitu melibatkan senyawa asam untuk melarutkan fosfat yang terikat kuat pada batuan fosfat. Proses ini berbiaya tinggi sehingga harga pupuk superfosfat ini menjadi mahal (Soelaeman, 2008). Proses yang terjadi berlangsung cepat seperti digambarkan sebagai berikut :



Pupuk superfosfat yang ditambahkan kedalam tanah, maka reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut :



Kelarutan fosfat alam dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor tanah seperti kelembapan, kemasaman, serta kadar C, dan P tanah serta faktor tanaman, seperti kemampuan penyerapan Ca dan P oleh tanaman (Noor, 2004 *dalam* Wahida, dkk., 2007). Pada tanah masam terdapat ion H^+ dalam jumlah banyak sebagai akibat tercucinya ion-ion basa khususnya Ca^{2+} karena curah hujan yang tinggi (Soelaeman, 2008). Batuan fosfat alam melepaskan ion fosfat dan ion lainnya yang akan bereaksi dengan ion H^+ menjadi $H_2PO_4^-$ yang dapat diserap oleh tanaman.

Teknik-teknik yang telah diteliti untuk meningkatkan kelarutan dan efektifitas pupuk batuan fosfat alam antara lain : 1) menepungkan batuan fosfat untuk langsung diaplikasikan ke dalam tanah, 2) mengembangkan teknik granulasi untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya, 3) mencampurkan batuan fosfat dengan bahan organik, sulfur, pupuk P larut atau produk-produk tanah yang mampu meningkatkan ketersediaan P (Hammond, dkk., 1986, *dalam* Herawaty, 2000).

Chien, dkk., (1990, *dalam* Soelaeman, 2008) mengemukakan bahwa kelarutan fosfat alam lebih tinggi pada tanah dengan kandungan bahan organik tinggi sehingga memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan pada tanah yang mengandung bahan organik rendah.

C. Mineralisasi N dan Pelarutan P Campuran Kotoran Sapi Segar dan Batuan Fosfat yang Dikomposkan

Mineralisasi nitrogen merupakan proses yang menjadikan N tersedia bagi tanaman karena sebagian besar N tanah berada dalam bentuk N organik yang tidak tersedia bagi tanaman. Proses mineralisasi nitrogen ini melibatkan serangkaian proses mulai dari hidrolisis protein, aminisasi, amonifikasi, dan nitrifikasi. Mineralisasi akan dipercepat bila keadaan tanah berdrainase dan aerasi baik dan banyak kation basa (Hakim, dkk., 1986).

Bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan fosfat, melalui hasil dekomposisinya yang menghasilkan asam-asam organik dan CO₂. Bahan organik yang sedang terdekomposisi menghasilkan sejumlah asam-asam organik akan mempercepat proses pelarutan batuan fosfat sehingga akan melepaskan sejumlah anion fosfat kedalam kompos, akibatnya P-tersedia turut meningkat (Soepardi, 1983 *dalam* Jamilah, 2003).

Dengan mengaplikasikan batuan fosfat bersama dengan bahan organik dapat mempercepat kelarutan batuan fosfat, karena pengaruh positif dari batuan fosfat yang dikombinasikan dengan bahan organik tersebut dapat menyumbangkan ion H⁺ dan mengkhelat Ca²⁺ pada tanah (Ardjasa, 1993).

Soelaeman (2008) melaporkan penggunaan pupuk kandang sebanyak 15 ton ha⁻¹ dan residu fosfat alam yang telah diberikan pada tahun sebelumnya menyebabkan ketersediaan P di dalam tanah meningkat. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Rajan, dkk., (1996, *dalam* Soelaeman, 2008), penambahan bahan organik atau

pupuk kandang memberikan pengaruh positif terhadap kelarutan fosfat alam di dalam tanah, dan memperbaiki produktivitas tanah karena kapasitas tukar kation pada bahan organik tinggi, dan asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik oleh mikroba tanah dapat melarutkan P.

Reaksi sinergis pencampuran antara bahan organik dengan batuan fosfat di gambarkan pada Gambar 2 (Nugroho, 2011).