

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permasalahan pada Inceptisols

Inceptisols adalah tanah-tanah yang berada pada tahap awal perkembangan, tergolong tanah muda, umumnya memiliki horizon okrik atau umbrik sedangkan endopedonnya adalah kambik, fragipan, atau duripan (Troeh dan Thompson, 2005). Tanah ini tersebar sekitar 20% *land area* di seluruh dunia, merupakan sebaran terluas dibandingkan ordo tanah lain (Windwolf, 2014). Menurut Subagyo, Suharta dan Siswanto (2000) Inceptisols merupakan jenis tanah terluas di Indonesia, yaitu mencapai 70,52 juta ha atau 37,5% dari total luas areal daratan Indonesia. Oleh karena itu, tanah ini mempunyai prospek untuk dikembangkan menjadi sentra tanaman pangan terutama padi, jagung dan kedelai (Tuherkih dan Sipatuhar, 2008).

Inceptisols membutuhkan manajemen khusus untuk dimanfaatkan sebagai tanah yang berkelanjutan (ISRIC, 2014). Hidayat *et al.* (2000) menyatakan bahwa sifat tanah bervariasi bergantung pada bahan induknya, tekstur halus, dapat sangat masam, penampang tanah dangkal dan berbatu, kandungan liatnya mencapai 78%, namun pada tanah yang akan diteliti bahan induknya adalah abu vulkanik dengan kandungan liat 34% (tekstur lempung berliat).

Kendala utama pada tanah-tanah masam adalah miskin unsur-unsur hara N, P, K, Ca, Mg, dan S, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa <30%, serta kejenuhan Al tinggi. Pada dasarnya, sifat-sifat kimia tanah berkaitan erat dengan bahan induk, tingkat pelapukan, dan mineral liat yang dominan. Vingiani *et al.*, (2004) menyatakan bahwa Inceptisols didominasi oleh mineral kaolinit (1:1) dan gabungan kaolinit-smektit. Pada mineral yang berlempung silikat seperti kaolinit (1:1), kation dan air tidak dapat masuk ke ruang antara satuan misel. Jadi, permukaan efektif kaolinit terbatas pada permukaan luar. Ini adalah salah satu sebab rendahnya kemampuan kaolinit mengadsorpsi kation (Buckman dan Brady, 1982).

Sejalan pula dengan penelitian Nursyamsi dan Suprihati (2005) yang menunjukkan bahwa tanah yang didominasi oleh mineral liat kaolinit (Inceptisol, Oxisol, dan Andisol) memiliki nilai KTK yang rendah. Nilai KTK tanah

dipengaruhi oleh jumlah muatan negatif baik yang berasal dari proses substitusi isomorfik maupun muatan variabel yang berasal dari pinggir patahan mineral liat 1:1 dan oksihidroksida juga berasal dari gugus fungsional bahan organik.

Perilaku P tanah diantaranya tergantung dari pH dan jumlah serta jenis mineral liat di dalam tanah. Pada tanah masam (Inceptisol dan Oksisol) P difiksasi oleh Al dan Fe bebas serta oksihidroksida Al dan Fe membentuk senyawa Al dan Fe-P yang tidak larut. Kejenuhan Al yang tinggi selain dapat meracuni tanaman, juga dapat memfiksasi P, sehingga P menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Kasno, 2009). Halliday dan Trenkel (1992) menyatakan bahwa tanaman yang dibudidayakan saat ini umumnya membutuhkan unsur hara dari berbagai jenis dan dalam jumlah relatif banyak, sehingga hampir dapat dipastikan bahwa tanpa dipupuk tanaman tidak mampu memberikan hasil seperti yang diharapkan. Diantara kendala kesuburan tanah tersebut, kekurangan P merupakan pembatas utama sehingga aplikasi bahan organik secara langsung sebagai sumber fosfat merupakan salah satu alternatif untuk mengefisienkan pupuk fosfor.

Beberapa penelitian tentang respon jagung terhadap pemupukan pada Inceptisols telah dilakukan, salah satunya oleh Santoso *et al.* (2000) telah melakukan penelitian pemupukan SP-36 pada tanah Typic Dystrodept di Desa Pauh Menang, Provinsi Jambi yang menunjukkan bahwa aplikasi pupuk SP-36 dengan dosis 57 kg P/ha dapat meningkatkan hasil jagung 600%. Juga dilaporkan bahwa aplikasi SP-36 yang terus-menerus setiap musim tanam menghasilkan penimbunan residu pupuk P dan meningkatkan status P tanah. Aplikasi SP-36 dengan dosis 40 kg P/ha meningkatkan bobot pipilan jagung kering 1,5 kali dibanding tanpa pupuk P (Purnomo, 2007). Hasil penelitian Isrun (2010) menunjukkan bahwa aplikasi kompos tanaman legum dan non legum dapat memperbaiki sifat kimia tanah (peningkatan ketersediaan nitrogen (N), kenaikan pH, penurunan Al-dd) dan peningkatan serapan nitrogen tanaman jagung pada Inceptisols.

2.2. Fosfor

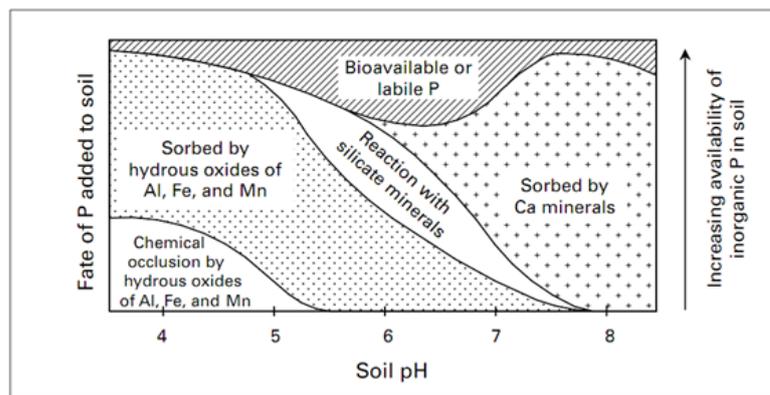
2.2.1. Ketersediaan P dalam Tanah

P Tersedia adalah P larut yang dapat memasuki larutan tanah dan diserap oleh tanaman. Sebagian besar P dalam tanah berada dalam bentuk tidak larut dan akan tetap tersedia selama tetap dalam bentuk tidak larut (Handayanto, Ismunandar dan Utami, 2011). P terbagi menjadi P organik dan P anorganik, yang mana P organik adalah hasil dekomposisi bahan organik yang berupa fitin, asam nukleat, fosfolipida, asam suksinat, dan inotisol phosphate sedangkan P anorganik adalah fosfor yang berikatan dengan senyawa Al, Fe, Ca dan Mn yang umumnya sedikit larut dalam air. Ketersediaan P organik relatif lebih tinggi daripada P anorganik. Fosfor organik berkisar antar 25-75% dari keseluruhan P di dalam tanah (Winarso, 2005). Menurut Buckman dan Brady (1982) sebagian senyawa fosfor anorganik dalam tanah masuk dalam satu dari dua golongan : (1) Mengandung kalsium (2) Mengandung besi dan aluminium. Faktor yang mengendalikan tersedianya fosfor tanah anorganik adalah pH tanah; besi, aluminium dan mangan; kalsium tersedia dan mineral kalsium; jumlah dan dekomposisi bahan organik, kegiatan mikroorganisme.

Sebagian besar tanaman menyerap unsur P anorganik dalam bentuk ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan sepuluh kali lebih kecil dalam bentuk ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Penyerapan kedua unsur tersebut sangat dipengaruhi oleh pH tanah disekitar perakaran. Bila pH dibawah 6 maka terjadi peningkatan penyerapan unsur P dalam bentuk H_2PO_4^- dan sebaliknya bila pH di atas 7 maka akan terjadi peningkatan penyerapan unsur P dalam bentuk HPO_4^{2-} . Selain itu tanaman juga menyerap unsur P dari fosfat organik (Subroto dan Yusrani, 2005).

2.2.2. Fiksasi Fosfor dalam Tanah

Keberadaan fosfor pada tanah sangat kecil diakibatkan adanya fiksasi fosfor. Singkatnya, terdapat 3 problema fosfor, yakni : (1) Jumlah total dalam tanah kecil. (2) Tidak tersedianya fosfor pada bahan induk dan (3) Fiksasi fosfat terlarut meningkat. (Buckman dan Brady, 1982). Di bawah ini adalah grafik fiksasi fosfor pada berbagai derajat kemasaman (pH) tanah. Tanah penelitian memiliki pH 5,3, sehingga diduga fiksasi P anorganik diakibatkan oleh reaksi dengan mineral silikat dan adanya fiksasi oleh hidrous oksida Al dan Fe.



Gambar 1. Grafik fiksasi fosfor anorganik pada berbagai pH tanah.
 Sumber : extension.missouri.edu (1999)

Buckman dan Brady (1982) menunjukkan fiksasi fosfor dapat dibagi menjadi 3, yakni :

- a. Pengendapan oleh ion-ion Fe, Al, dan Mn. Beberapa besi, aluminium, dan mangan dapat larut biasanya terdapat dalam tanah mineral sangat masam. Reaksi dengan $H_2PO_4^-$ dapat mengubah fosfor yang larut menjadi tidak larut, reaksi ini menghasilkan pembentukan yang disebut dengan hidroksi-fosfat.



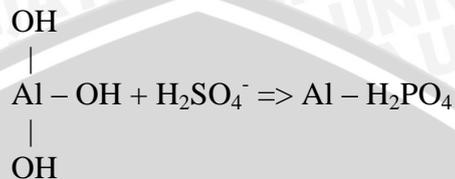
Larut

Tidak Larut

- b. Fiksasi oleh hidrous oksida. Ion $H_2PO_4^-$ tidak hanya bereaksi dengan Al, Fe dan Mn, namun juga dengan hidrous oksida tidak larut dari unsur-unsur seperti limonit dan geothit. Senyawa yang terbentuk sebagai hasil fiksasi oksida-oksida besi dan aluminium adalah hidroksi fosfat tepat seperti yang terjadi pada pengendapan kimia diatas.

Dengan menggunakan reaksi ini dan reaksi yang mirip dengan itu, diperkirakan terjadi pembentukan berbagai mineral fosfor dasar, baik yang mengandung besi maupun aluminium atau kedua-duanya. Karena berbagai senyawa semacam ini mungkin ada, fiksasi fosfor dengan mekanisme ini mungkin terjadi dalam kisaran pH yang relatif lebar. Juga besar jumlah hidrous besi dan aluminium oksida dalam kebanyakan tanah memungkinkan fiksasi fosfor dalam jumlah yang besar sekali.

- c. Fiksasi oleh Lempung Silikat. Cara ketiga fiksasi fosfor dalam keadaan asam sedang mencakup mineral silikat seperti kaolinit, illit dan montmorilonit. Fiksasi fosfat oleh mineral silikat sebagai suatu reaksi permulaan antara kelompok OH yang tersingkap pada hablur mineral dan ion-ion H_2PO_4^- (Tan, 1991).



Larut Tidak Larut

Menurut Buckman dan Brady (1982), tiap butir lempung, tidak memandang bentuknya, tersusun atas sejumlah besar kesatuan struktur seperti lempeng. Susunannya mirip sekeping mika, lapis-lapis mika mirip dengan satuan-satuan lempeng yang menyusun butir-butir lempung. Suatu perkiraan sederhana memperhitungkan bahwa luas permukaan satu gram koloidal lempung paling sedikit 1000 kali luas satu gram pasir kasar. Koloida lempung memiliki muatan negatif, sehingga beribu-ribu ion yang bermuatan positif (kation) tertarik pada tiap koloid hablur. Pada mineral yang berlempung silikat seperti kaolinit (1:1), kation dan air tidak dapat masuk ke ruang antara satuan misel. Jadi, permukaan efektif kaolinit terbatas pada permukaan luar. Ini adalah salah satu sebab rendahnya kemampuan kaolinit mengadsorpsi kation.

2.2.3. Peran Fosfor bagi Pertumbuhan Tanaman

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro yang esensial bagi pertumbuhan tanaman, karena merupakan komponen struktur yang tidak dapat disubstitusi. Kekurangan unsur P dapat menunjukkan gejala menurunnya sintesis protein, seperti lambatnya pertumbuhan bibit dan daun berwarna keunguan (Rasyid dan Inayanti, 2010). Fosfor didistribusikan ke seluruh bagian sel hidup tanaman, dan berpusat pada bagian reproduksi tanaman. Dalam sel, fosfor bersatu dengan karbon, oksigen, nitrogen dan elemen lain untuk membentuk molekul organik kompleks. Fosfor merupakan komponen penting bagi sel nukleus dan berfungsi

sebagai pembentukan adenosin diphosphate dan triphosphate (ADP dan ATP) yang merupakan sumber energi untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman Contohnya: seperti fotosintesis, metabolisme karbohidrat dan proses transfer energi di dalam tubuh tanaman (Troeh dan Thompson, 2005). Fotosintesis merupakan proses penangkapan energi matahari, merubah energi kinetik tersebut dan menyimpannya sebagai energi kimia untuk pertumbuhan dan perkembangan sel (Syekhfani, 2010).

Di dalam tanaman, konsentrasi ion fosfor tertinggi dijumpai pada jaringan paling muda yang aktif tumbuh. Ketika tanaman menua, fosfor terkonsentrasi pada biji dan buah. Kecepatan serapan ion fosfat dipengaruhi oleh konsentrasinya di dalam larutan tanah; konsentrasi optimum berkisar antara 0,02-0,07ppm, tergantung pada terkstur tanah (Handayanto *et al.*, 2011). Sel tidak dapat membelah dan membentuk nukleus baru apabila tidak terdapat fosfor yang cukup. Anion fosfat bersifat tidak mobil didalam tanah, oleh karena itu ion fosfor harus berada dekat dengan sistem perakaran. Kekurangan fosfor dapat menyebabkan kekerdilan, terlambatnya kedewasaan, dan biji yang keriput (Troeh dan Thompson, 2005).

2.2.4. Penambahan Fosfor pada Tanah

Sumber P dalam tanah adalah apatit, kalsium fosfat yang juga mengandung hidroksida atau fluoride. Sumber lainnya termasuk sisa tanaman dan hewan yang melapuk, humus dan mikroorganisme (Handayanto *et al.*, 2011). Pupuk P dapat berasal dari berbagai sumber seperti superfosfat, monoamonium fosfat, diamonium fosfat, asam fosfat, asam superfosfat, tepung tulang dan batuan fosfat. Kualitas normal adalah 16-21% P_2O_5 (7-9% P) yang dibuat dengan cara memberi asam sulfat pada batuan fosfat asli yang ditambang dari endapan dalam tanah (Foth, 1998). Sebagian fosfor diubah menjadi bentuk fosfat primer $Ca(H_2PO_4)_2$. Karena superfosfat bereaksi sangat asam kalau diuji dengan indikator, umumnya ia akan meningkatkan keasamaan tanah. Akan tetapi, pada suatu pH rendah superfosfat cenderung mengurangi kemasaman tanah. (Buckman dan Brady, 1982). Meningkatnya P tersedia tanah bila diberi pupuk fosfat sejalan dengan bertambahnya dosis pupuk. Peningkatan kandungan P tersedia tanah jelas disebabkan oleh pengaruh langsung sifat *fast release* dari pupuk P sebab

pemupukan fosfat meningkatkan kadar P tersedia dalam tanah melalui mekanisme pelepasan P dari kompleks adsorpsi (Chien *et al.*, 1996). Aplikasi pupuk P juga berpengaruh terhadap berkurangnya retensi karena tempat adsorpsi dienuhi oleh fosfat (Fox dan Searle, 1996), sehingga ketersediaan unsur P meningkat.

2.3 Manfaat Kompos sebagai Bahan Organik

Menurut Indriani (2005) kompos merupakan suatu bahan organik yang telah mengalami penguraian, sehingga sudah tidak dikenali bentuk aslinya, berwarna kehitam-hitaman dan tidak berbau. Hal yang sama dipaparkan oleh Murbandono (2006) bahwa kompos adalah bahan organik yang telah mengalami proses pelapukan, karena adanya interaksi antara mikroorganisme yang bekerja di dalamnya, bahan-bahan organik tersebut berupa dedaunan, rumput jerami, sisa-sisa ranting dan dahan. Kompos dapat menambah kandungan bahan organik dalam tanah yang dibutuhkan tanaman. Kandungan bahan organik yang tinggi dapat menurunkan reaksi fiksasi P melalui pengikatan Al, Fe, dan Ca dan membentuk kompleks larut dengan P (Handayanto *et al.*, 2011).

2.3.1. Pengaruh Bahan Organik Bagi Tanah

Barriuso *et al.* (1997) dalam Picollo *et al.* (2004) menunjukkan bahwa amandemen tanah dengan kompos dapat membantu mengurangi erosi, pemadatan tanah, serangan hama pada tanaman, membantu meningkatkan produksi tanaman, serta berkontribusi untuk mengurangi emisi CO₂ dari tanah. Hal yang sama disampaikan oleh Carter (2001) bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah, selain itu juga memperbaiki sifat-sifat kimia tanah seperti penurunan kelarutan aluminium, meningkatkan ketersediaan hara N, P, S dalam tanah, serta meningkatkan KTK tanah melalui gugus karboksil yang aktif.

Pengolahan tanah intensif, penggunaan pupuk mineral dan aplikasi bahan organik yang rendah adalah satu di antara penyebab yang paling penting dari penurunan karbon organik dalam tanah pertanian. Tingkat bahan organik dalam tanah garapan dapat dikembalikan dengan amandemen kompos (Spaccini dan Picollo, 2009). Kompos dibandingkan dengan pupuk organik lain (kotoran hewan atau lumpur limbah) merupakan sumber bahan organik stabil karena telah mengalami pelapukan (Hernandez *et al.*, 2000).

Aplikasi kompos juga terbukti mengurangi bahaya *xenobiotik* dalam tanah (Crawford 1993 dalam Puglisi *et al*, 2008). Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan dari kompos yakni, kemungkinan adanya kontaminan/patogen, waktu yang diperlukan untuk menghasilkan kompos berkualitas, kompos mempengaruhi pada EC (*Electron Conductivity*) tanah (Eghball dan James, 1999). Kompos memperbaiki struktur tanah yang semula padat menjadi gembur sehingga mempermudah pengolahan tanah. Tanah berpasir menjadi lebih kompak dan gemburnya tanah ini adalah senyawa-senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium atau hifa yang berfungsi sebagai perekat partikel tanah. Struktur tanah yang baik menyebabkan difusi O₂ atau aerasi yang lebih banyak sehingga proses fisiologis di akar akan lancar. Perbaikan agregat tanah menjadi lebih remah akan mempermudah penyerapan air ke dalam tanah sehingga proses erosi dapat dicegah.

Sifat kimia tanah juga dapat diperbaiki dengan aplikasi kompos meskipun dalam jumlah yang relatif kecil (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B, Zn, Mo, dan Si). Dalam jangka panjang, aplikasi kompos dapat memperbaiki pH dan meningkatkan hasil tanaman pertanian pada tanah-tanah masam. Pada tanah-tanah yang kandungan P-tersedia rendah, bentuk fosfat organik mempunyai peranan penting dalam penyediaan hara tanaman, karena hampir sebagian besar P yang diperlukan tanaman terdapat pada senyawa P organik, sebagian besar P organik dalam organ tanaman terdapat sebagai fitin, fosfolipid, dan asam nukleat. Kedua yang terakhir hanya terdapat sedikit dalam jasad renik tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006).

Bahan organik juga akan berpengaruh pada koloid tanah. Fraksi koloid membawa baik muatan positif maupun negatif, namun muatan negatif jauh lebih besar ukurannya dan lebih penting bagi pertumbuhan tanaman pada kebanyakan tanah. KTK adalah didefinisikan sebagai total adsorpsi kation yang dapat ditukar, yang dinyatakan dalam miligram dalam 100 gram tanah kering oven. KTK merupakan jumlah total daerah tempat penukaran koloid organik maupun koloid mineral (Foth, 1998). Koloid tanah dapat juga menunjukkan muatan positif seperti halnya muatan negatif. Tan (1991) menyatakan bahwa muatan positif memungkinkan terjadinya reaksi pertukaran anion dan sangat penting dalam retensi fosfat. Hal ini khususnya berlaku pada mineral-mineral oksida Fe dan Al

dan koloid tanah amorf. Muatan positif bisa terjadi pada tepi-tepi mineral lempung dan biasanya nyata pada nilai pH di bawah titik isoelektrik atau muatan titik nol. Oleh karena itu, permukaan tepi yang patah dari suatu lembar oktahedra mempunyai lapisan rangkap bermuatan positif pada pH rendah. Lapisan rangkap ini makin bersifat positif dengan menurunnya pH.

2.3.2. Pengaruh Bahan Organik Bagi Tanaman

Aplikasi bahan organik ke dalam tanah memberikan dampak yang baik terhadap tanah, tempat tumbuh tanaman. Tanaman akan memberikan respon yang positif apabila tempat tanaman tersebut tumbuh memberikan kondisi yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah menyediakan zat pengatur tumbuh tanaman yang memberikan keuntungan bagi pertumbuhan tanaman seperti vitamin, asam amino, auksin, dan giberelin yang terbentuk melalui dekomposisi bahan organik (Brady, 1991).

Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mengandung karbon yang tinggi. Pengaturan jumlah karbon di dalam tanah meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain (misalnya rasio antara C/N, C/P, dan C/S) (Delgado dan Follett, 2002).

Penggunaan bahan organik telah terbukti banyak meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian Arthur *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa aplikasi kompos sayuran, kompos seresah pekarangan, dan kompos jamur, seluruhnya dapat meningkatkan sifat kimia dan sifat fisik tanah (C Organik, N, pH, dan menurunkan berat isi). Aplikasi kompos pada tanaman tomat menghasilkan berat basah dan berat kering lebih tinggi daripada yang tidak menggunakan ketiga kompos tersebut. Di daerah tropika tingkat pelapukan bahan organik sangat tinggi sehingga *turn over* C-organik dalam tanah berlangsung singkat akibatnya kadar bahan organik tanah rendah. Mengingat peranannya yang begitu besar terhadap perbaikan fisik, kimia, dan biologi tanah, maka bahan organik (pupuk kandang dan atau pupuk hijau) perlu ditambahkan dalam jumlah banyak.

2.3.3. Pengaruh Bahan Organik pada Tersedianya Fosfor Anorganik.

Dekomposisi bahan organik memperbanyak jumlah mikroba dan mengakibatkan pengikatan fosfat anorganik untuk sementara dalam jaringan mikroba. Hasil pelapukan organik, seperti asam organik dan humus, diperkirakan efektif dalam pembentukan kompleks dengan senyawa besi dan aluminium. Pengikatan besi dan aluminium ini mengurangi fiksasi fosfat anorganik dengan nyata. Terdapat kemampuan humus dan lignin untuk mengurangi fiksasi dengan cara membebaskan fosfor yang semula terikat sebagai besi fosfat. Jadi, hasil dekomposisi bahan organik memegang peranan penting dalam tersedianya fosfor anorganik bagi tanaman (Buckman dan Brady, 1982).

Humus merupakan bentuk bahan organik yang stabil, dalam bentuk ini bahan organik banyak terakumulasi di dalam tanah. Humus memiliki kontribusi terhadap durabilitas dan kesuburan tanah. Humus memiliki muatan negatif, menyerupai liat dengan kapasitas tukar kation 150-300me/100gram sedangkan liat hanya 8-100me/100gram. Tidak seperti liat yang berbentuk kristalin, bentuk humus adalah amorf (Handayanto *et al.*, 2011). Humus merupakan tempat penampungan penting dari fosfor (P) dan sulfat (S). Rasio dari C:N:P:S dalam humus sekitar 100 atau 120:10:1:1. (Foth, 1998). Troeh dan Thompson (2005), menyatakan bahwa selama humifikasi bahan organik dan lignin diubah sedemikian rupa menjadi beberapa senyawa hidroksil reaktif yang kompleks, seperti:

1. *Carboxyl groups*: $-\text{COOH}$. Ini adalah karakter dari asam organik. Hidrogen dapat terionisasi dan menyisakan muatan negatif yang bisa ditempati oleh kation lain.
2. *Phenolic hydroxyl groups*: -cincin karbon dengan $-\text{OH}$. Bentuk karbon ini adalah cincin benzena (segi enam). Ikatan keempat setiap karbon dapat mengikat ke bagian lain dari molekul organik, untuk atom hidrogen atau kation lain.
3. *Amine groups*: $-\text{NH}_2$. Nitrogen biasanya memasuki struktur organik dengan tiga ikatan kovalen dengan atom karbon dan hidrogen. Terdapat satu tangan dari amina yang dapat mengikat hidrogen. Sehingga, hasil penambahan ion hidrogen ke kompleks ini menghasilkan muatan positif.

Adanya C/P rasio yang rendah menyebabkan BO mudah didekomposisikan oleh mikroorganisme sehingga mampu mempercepat pelepasan hara tersedia (terutama P) yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, C/P rasio dan jumlah kation basa yang terkandung dalam bahan organik juga menentukan pelepasan P tersedia. Semakin banyak jumlah kation basa, semakin besar pula kemampuannya meningkatkan pH tanah melalui pelepasan gugus OH⁻. Dengan meningkatnya pH diharapkan muatan negatif tanah juga meningkat dan jerapan P dapat diturunkan sehingga P tersedia meningkat. (Utami *et al.*, 2007). Umumnya, C/P rasio < 200 : 1 menghasilkan mineralisasi, sedangkan C/P rasio > 300 : 1 menghasilkan immobilisasi (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Hasil dekomposisi bahan organik akan mempengaruhi koloid tanah sehingga dapat memodifikasi kapasitas tukar kation dan kapasitas tukar anion (KTA) tanah, sehingga dapat menyediakan P. Menurut Tan (1991), kapasitas pertukaran anion (KTA) tanah biasanya lebih kecil daripada KTK. Nilainya tergantung pada perubahan dalam tingkat elektrolit dan pH tanah. KTA juga terbatas pada tipe-tipe lempung tertentu. Seperti halnya dengan kation, juga terdapat seri liotrop anion. Ia melaporkan suatu urutan yang menurun dari preferensi jerapan antar anion berikut:



Seri liotrop tersebut menunjukkan bahwa ion-ion SiO_4^{4-} dan PO_4^{3-} dijerap lebih kuat. Pada reaksi tanah netral, atau pH tanah > 6, jerapan positif SO_4^{2-} dan Cl sangat kecil. Kedua anion ini umumnya berada pada pengaruh jerapan negatif, sebagai kontras terhadap ion fosfat yang lebih terikat pada permukaan positif atau tepi-tepi mineral lempung. Anion fosfat dapat tertarik ke anasir-anasir tanah dengan suatu ikatan yang mengakitkannya menjadi tidak larut dan sukar tersedia bagi tanaman. Proses ini disebut penyematan fosfat atau retensi fosfat. Reaksi penyematan dapat terjadi antara fosfat dan oksida hidrous Al dan Fe atau antara fosfat dan mineral silikat. Secara khusus, lempung tanah yang mengandung gugus OH terbuka seperti gugus kaolinitik, mempunyai afinitas kuat terhadap ion fosfat. Ion fosfat bereaksi dengan cepat dengan Al oktahedral dengan menggantikan gugus OH yang terletak pada bidang permukaan mineral. Reaksi tipe ini banyak ditemukan pada kondisi tanah masam.

2.4 Kombinasi Kompos Abu Ketel, Blotong dan Seresah Daun Tebu

2.4.1 Blotong dan Abu Ketel

Menurut Kurniawan (1982) blotong merupakan sisa tapisan, mempunyai sifat sebagai bahan padat, tetapi kadang-kadang tercampur dengan air bekas cucian tapisan sehingga dalam pabrik-pabrik tertentu blotong yang dibuang tercampur dalam air. Senthil dan Das (2004) menyatakan bahwa dikarenakan blotong berasal dari tebu, blotong tidak mengandung racun maupun logam berat yang dapat membahayakan tanah. Produksi blotong disetiap pabrik gula berbeda-beda. Di India, produksi blotong sebesar 3,5% dari total tebu yang digiling, sedangkan Suhadi *et al.* (1988) menyatakan bahwa jumlah blotong berkisar antara 4-5% berat tebu, dan untuk tiap ton blotong berkadar air 70 % mengandung hara setara dengan 28 kg ZA, 17,6 kg SP-36 dan 1 kg KCl.

Blotong adalah bahan organik yang berupa hasil tumbukan halus dengan konsentrasi hara yang tinggi. Komposisi dari setiap blotong berbeda-beda, bergantung pada kualitas tebu dan proses penggilingan di setiap pabrik. Aplikasi blotong sebagai bahan amandemen pada tanah dianggap kurang baik, karena blotong mengandung *wax* atau lilin sejumlah 8-15% dari berat total yang dapat mempengaruhi sifat tanah. Sehingga, dianjurkan pengomposan terlebih dahulu sebelum aplikasi di tanah, untuk meminimalisir *wax* pada blotong. (Senthil dan Das, 2004).

Abu ketel atau abu pembakaran ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan *boiler* dengan temperatur mencapai 550 - 600 °C dan setiap pembakaran 4 - 8 jam dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya (Misran, 2005).

Limbah abu ketel pabrik gula belum banyak dimanfaatkan, penanganan limbah abu ketel hanya dibiarkan saja pada lahan yang luas. Abu ketel dapat dimanfaatkan kembali karena mengandung mineral anorganik atau unsur-unsur logam yang merupakan unsur hara atau nutrisi yang diperlukan tanaman



Gambar 2. Dokumentasi Abu Ketel dan Blotong.

(Purwati *et al.*, 2007). Di bawah ini merupakan dokumentasi blotong dan abu ketel yang dihasilkan oleh PG. Pesantren, sifat kimia dan fisik blotong dan abu ketel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Kimia dan Fisik Blotong dan Abu Ketel

Parameter Kandungan	Blotong	Abu Ketel	Blotong dan Abu Ketel	Blotong, Abu Ketel dan SDT
C Organik (%)	12,01	6,36	21,69	22,30
Bahan Organik (%)	20,70	10,96	37,39	38,44
N Total (%)	0,62	0,27	1,51	2,64
C/N	19,37	23,56	14	8,4
Suhu (°C)	45	38	30	25
pH	4,14	8,58	7,70	7,72
KA (%)	62,81	60,00	11,64	16,68

SDT = Seresah Daun Tebu

Sumber data : Puslit Gula (2013)

Pemanfaatan blotong sebagai kompos telah lama dilakukan, khususnya di perkebunan tebu. Di Indonesia umumnya pemanfaatan blotong dicampur dengan abu ketel, dengan perbandingan 3 : 1. Dampaknya cukup bervariasi, namun secara umum mampu meningkatkan unsur hara dan produksi tebu. Mulyadi (2000) melaporkan bahwa aplikasi blotong nyata meningkatkan tinggi tanaman, jumlah tanaman/rumpun, diameter batang dan bobot kering tebu bagian atas berumur 4 bulan. Dosis efektif penggunaan blotong pada tanah kandiuksol ini sekitar 40 ton/ha, ditandai dengan peningkatan tinggi tanaman sebesar 58%, jumlah tanaman/rumpun sebesar 25%, diameter batang sebesar 31% dan bobot kering tanaman bagian atas sebesar 225% dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa

blotong). Serapan hara N, Si, P tebu meningkat dengan aplikasi blotong. Ditambah pula dengan hasil penelitian dari Parinduri (2005) blotong yang diperkaya dengan bakteri pelarut fosfat dan *Azospirillum* dalam beberapa komposisi berpengaruh terhadap pertumbuhan awal tanaman tebu antara lain tinggi tanaman, diameter batang, jumlah anakan, dan bobot kering tanaman tebu berturut-turut 11,02%, 20,43%, 8,43% dan 5,33% dibandingkan kontrol (tanpa blotong). Blotong bahkan dapat mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik sampai setengah dosis pupuk yang direkomendasikan. Penelitian mengenai kebutuhan air tanaman dilakukan oleh Fathir (2007), dengan aplikasi blotong dengan dosis 10 ton/ha dapat membantu meningkatkan efisiensi aplikasi air. Terlihat jumlah air yang ditambahkan lebih sedikit pada saat tingkat kadar air tanah diturunkan menjadi 75% kapasitas lapang. Aplikasi blotong 10 ton/ha tidak berpengaruh nyata meningkatkan serapan hara pada tanaman. Namun kombinasi kadar air 75% kapasitas lapang dengan aplikasi blotong 10 ton/ha dapat meningkatkan jumlah hara P yang terangkut dari tanah.

2.4.2 Seresah Daun Tebu (*dhadhuk*)

Seresah daun tebu merupakan sisa panen tanaman tebu berupa daun dan pucuk tebu serta batang tebu yang tidak sempat dipanen. Setelah pemanenan tebu, seresah tebu yang terhampar di lahan volumenya sangat besar dan dapat mengganggu pengoperasian alat dan mesin pengolah tanah untuk budidaya tebu selanjutnya. Jumlahnya seresah daun tebu yang sangat banyak dan pemanfaatannya yang minim, mengakibatkan terjadinya pembakaran sisa panen tanaman tebu berupa daun tebu di lapang. Hal ini menyebabkan polusi udara bagi lingkungan sekitar dan mengakibatkan degradasi lahan dalam bentuk perubahan sifat fisik, kesuburan tanah, membahayakan pemukiman penduduk di sekitar lahan perkebunan, dan *global warming* (Ditjenbun, 2007).

Daun tebu pada umumnya tersusun atas selulosa dan lignin yang sulit untuk didegradasi. Selulosa adalah polisakarida yang tersusun atas 1000-10.000 unit glukosa yang diikat oleh ikatan 1,4 β -glukosida. Secara alami proses degradasi selulosa memerlukan bantuan mikroorganisme. Proses degradasi atau penghancuran tersebut dipercepat dengan bantuan bakteri selulolitik yang mengeluarkan enzim selulolitik. Beberapa genus fungi selulolitik diantaranya

adalah *Aspergillus*, *Fusarium*, *Phoma*, dan *Trichoderma* (Atlas dan Bartha, 1997). Seresah tebu perlu dikomposkan terlebih dahulu agar dapat menjadi penambah bahan organik yang stabil dan haranya tersedia bagi tanah. Tabel 2 menunjukkan karakteristik fisik seresah daun tebu (Khaerudin, 2008).

Tabel 2. Karakteristik Fisik Seresah Daun Tebu di PG Subang (Khaerudin, 2008)

No.	Dimensi (cm)			Volume (cm ³)	Bobot (kg)			Kerapatan Isi (kg/m ³)
	Tinggi	Panjang	Lebar		Daun	Batang	Tot	
1.	40	200	100	0,08	10	4	14	17,50
2.	46	220	100	1,01	5	2	7	6,92
3.	50	200	100	1,00	6	2	8	8,00
4.	30	250	100	0,75	12	3	15	20,00
5.	70	230	100	1,61	14	3	17	10,56
Rata - rata				1,03	Rata-rata			12,60

Sumber : Khaerudin (2008)

2.5 Budidaya Jagung

Di Indonesia, jagung dibudidayakan pada lingkungan yang beragam. Hasil studi 15 tahun yang lalu (Mink *et al.*, 1987) menunjukkan bahwa sekitar 79% areal pertanaman jagung terdapat pada lahan kering, sisanya berturut-turut 11% dan 10% terdapat lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan. Dewasa ini data tersebut telah mengalami pergeseran. Diestimasi bahwa areal pertanaman jagung pada lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan meningkat masing-masing 10-15% dan 20-30% terutama pada daerah produksi jagung komersial.

Martodireso dan Widada (2001), mengemukakan bahwa tanah yang baik untuk bertanam jagung adalah yang bertekstur lempung, lempung berdebu, atau lempung berpasir. Struktur tanahnya gembur dan kaya bahan organik. Kemiringan tanah tidak lebih dari 8%. lokasi lahan di areal terbuka seperti halnya persawahan padi. Bebas dari genangan air dan tidak terendam air serta dapat diairi bila diperlukan. Keadaan iklim yang baik memiliki curah hujan 100-200 mm/bulan dengan penyerapan merata, intensitas sinar 100%, temperatur 13-38°C. Suhu optimum 24-30°C dan ketinggian tempatnya 0 - 1.300 mdpl. Derajat kemasaman tanah yang baik untuk pertumbuhan jagung manis yaitu 5,5-7,0.

Tanaman jagung mengadsorpsi P dalam jumlah relatif sedikit daripada absorpsi hara N dan K. Pola akumulasi P tanaman jagung hampir sama dengan

akumulasi hara N. Pada fase ini pertumbuhan akumulasi P sangat lambat, namun setelah 4 minggu meningkat dengan cepat. Konsentrasi P dalam daun terus menurun dengan waktu, konsentrasi P dalam batang cukup besar dan hara P terdapat dalam biji (Handayanto *et al.*, 2011). Dosis pupuk yang diperlukan tanaman jagung berbeda-beda, tergantung pada jenis tanah dan tingkat kesuburan tanah. Anjuran dari BPTP Malang tahun 2009 pemakaian pupuk untuk tanaman jagung sebanyak 115 - 138 kg N/ha, 7,86 - 23,58 kg P/ha, dan 20,74 - 41,49 kg K/ha.

