

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan perekonomian dalam negeri tidak lepas dari kekayaan alam yang dimiliki Indonesia. Salah satu yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi Indonesia ialah dalam bidang pertambangan. Batubara merupakan hasil tambang dan mineral yang bernilai ekonomis tinggi. Indonesia berperan dalam industri tambang batubara dunia. Pada tahun 2005 Indonesia memiliki peringkat ke-2 sebagai negara pengekspor batubara uap (Gautama, 2007). Produksi batubara Indonesia pada tahun 2006 sebesar 162 juta ton dan 120 juta ton diantaranya digunakan untuk keperluan ekspor (ESDM, 2007). Tingginya produksi batubara tersebut juga tidak menutup kemungkinan adanya penambahan luas areal galian batubara yang nantinya juga akan berdampak pada luasan lahan bekas tambang batubara. Lahan bekas tambang batubara jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah lingkungan baru sehingga perlu adanya upaya reklamasi lahan bekas tambang agar nantinya lahan dapat dimanfaatkan. Berdasarkan data dari kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, luasan lahan bekas tambang batubara yang masih terbuka di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 36,877 ha tahun-1 (Kompas, 2013). Luasnya lahan bekas tambang batubara dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian setelah dilakukannya kegiatan reklamasi lahan karena pada tanah bekas tambang memiliki permasalahan terhadap kesuburan tanah yang menjadi kendala bagi pertumbuhan tanaman.

Kendala pada lahan bekas tambang diantaranya pH sangat masam, tingginya kadar garam, rendahnya tingkat kesuburan, tanah terlalu padat, struktur tanah yang tidak stabil, permeabilitas yang lambat, dan aerasi tanah yang jelek merupakan pembatas utama yang dihadapi dalam mereklamasi areal timbunan pasca penambangan batubara (Mulyani et al., 1998). Masalah lain dari lahan bekas tambang yang memiliki tanah masam adalah munculnya pirit (FeS_2) serta miskin unsur hara (Yustika, 2006). Sehingga perlu adanya upaya perbaikan kesuburan tanah pada lahan bekas tambang yang akan dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Perbaikan lahan bekas tambang batubara dengan cara reklamasi lahan semakin berkembang, salah satu perbaikannya ialah dengan ameliorasi.

Kebutuhan batubara yang digunakan sebagai salah satu bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia akan meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik setiap tahunnya. Untuk mengoperasikan seluruh pembangkit listrik di Indonesia PT PLN memperkirakan kebutuhan batubara pada tahun 2015 sebesar 82 juta ton yang meningkat 17,1% dari realisasi penggunaan tahun 2014 yang mencapai 70 juta ton (CNN Indonesia, 2015). Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% limbah padat yang berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*), dimana sekitar 10-20% adalah abu dasar (*bottom ash*) dan sekitar 80-90% adalah abu terbang (*fly ash*) dari total abu yang dihasilkan (Wardani 2008). Dari setiap satu ton pembakaran batubara menghasilkan abu batu bara (*fly ash*) sekitar 15%-17% (Safitri dan Djumari, 2009). *Fly ash* batubara memiliki pH tinggi (8-12) dan mengandung berbagai jenis unsur dengan kadar komposisi kimia bervariasi 52.00% SiO₂; 31.86% Al₂O₃; 11.85% SO₃; 4.89% Fe₂O₃; 2.68% CaO dan 4.66% MgO (Wasim, 2005). Kandungan pH yang tinggi pada *fly ash* batubara berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan amelioran dalam memperbaiki sifat kimia tanah pada lahan bekas tambang.

Pemanfaatan *fly ash* batubara di bidang pertanian sudah mulai banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh para peneliti di Western Australia dan New South Wales Australia menjelaskan bahwa *fly ash* batubara dapat digunakan sebagai bahan amelioran pada lahan reklamasi dan sumber hara bagi tanah-tanah pertanian ADAA, 2009 (dalam Oklima, 2014). Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa *fly ash* batubara dapat meningkatkan hasil panen beberapa jenis tanaman (seperti gandum, alfaa, barley, padi) dan meningkatkan fisik dan karakteristik kimia tanah (Thetwat, *et al.*, 2007). Basu, *et al.*, (2009), memberikan kesimpulan bahwa *fly ash* batubara dapat digunakan dalam pertanian karena mengandung hara makro (P, K, Ca, Mg, S) dan hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, B, Mo). Selain itu, *fly ash* batubara memiliki pH alkalin sehingga dapat meningkatkan pH tanah (Sarkar, *et al.*, 2007). Dengan adanya penelitian-penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan *fly ash* batubara di bidang pertanian dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian mengenai pemanfaatan *fly ash* batubara pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril di lahan timbunan bekas tambang batubara yang pada umumnya memiliki pH masam.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apakah pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) dipengaruhi oleh penambahan *fly ash* batubara dan bokashi?
2. Apakah kombinasi *fly ash* batubara dan bokashi mempengaruhi perubahan sifat kimia tanah?

1.3.Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah dari penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemberian *Fly Ash* dan bokashi pada pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (*Glycine max* (L.)Merril).
2. Mengetahui perubahan sifat kimia tanah timbunan bekas tambang batubara pada pemberian *Fly Ash* dan bokashi.

1.4.Hipotesis

Berdasarkan tujuan penelitian, maka hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Pemberian *Fly Ash* dan bokashi berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril).
2. Pemberian *Fly Ash* dan bokashi berpengaruh pada perubahan sifat kimia tanah timbunan bekas tambang.

1.5.Manfaat

Manfaat dengan dilakukannya penelitian ini ialah sebagai pertimbangan dan rekomendasi bagi pengelolaan lahan bekas tambang serta pemanfaatan limbah *Fly Ash* batubara dalam reklamasi lahan bekas tambang batubara untuk lahan pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril)

Stadia pertumbuhan vegetatif tanaman dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah sampai saat mulai berbunga. Stadia perkecambahan dicirikan dengan adanya kotiledon, sedangkan penandaan stadia pertumbuhan vegetatif dihitung dari jumlah buku yang terbentuk pada batang utama. Stadia vegetatif umumnya dimulai pada buku ketiga (Sumarno, *et al.*, 1983)

Tanah berpasir dapat ditanami kedelai, asal air dan hara tanaman untuk pertumbuhannya cukup. Tanah yang mengandung liat tinggi, sebaiknya diadakan perbaikan drainase dan aerasi sehingga tanaman tidak kekurangan oksigen dan tidak tergenang air waktu hujan besar. Untuk memperbaiki aerasi, bahan organik sangat penting artinya. Toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pH= 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 pun kedelai dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan aluminium. Pertumbuhan bakteri bintil dan proses nitrifikasi (proses oksidasi amoniak menjadi nitrit atau proses pembusukan) akan berjalan kurang baik (Fikri, 2013)

2.2. Dampak Kegiatan Batubara

Hasil kegiatan Penambangan Batubara memberikan nilai ekonomi tinggi. Namun, jika dieksploitasi secara besar-besaran tanpa memperhatikan daya dukung lingkungannya dan tidak dikelola dengan baik, dapat mengakibatkan menurunnya kualitas ekosistem. Kegiatan Penambangan mengakibatkan perubahan bentang lahan. Menurut Tala'ohu (2014), lahan pasca penambangan batubara umumnya gersang, vegetasi sulit tumbuh, dan menjadi tidak produktif. Pada saat terjadi hujan, air sulit meresap ke dalam tanah atau sebagian besar mengalir di permukaan, akibatnya air tanah berkurang dan erosi terus meningkat bahkan ancaman banjir dan longsor.

Masalah lain adalah timbulnya tanah masam. Pirit (FeS_2), jarosit, dan eponit bila teroksidasi menyebabkan pH tanah menjadi masam (4-5). Bahkan pada areal timbunan yang baru, pH tanah sangat masam (2,6-3,6). Kation yang dapat ditukar tinggi, seperti Al (1,7-6,25), Mg (4,45-13,84), dan Ca (3,01-8,72) me/100 g tanah. Kandungan garam-garam sulfat yang tinggi seperti MgSO_4 ,

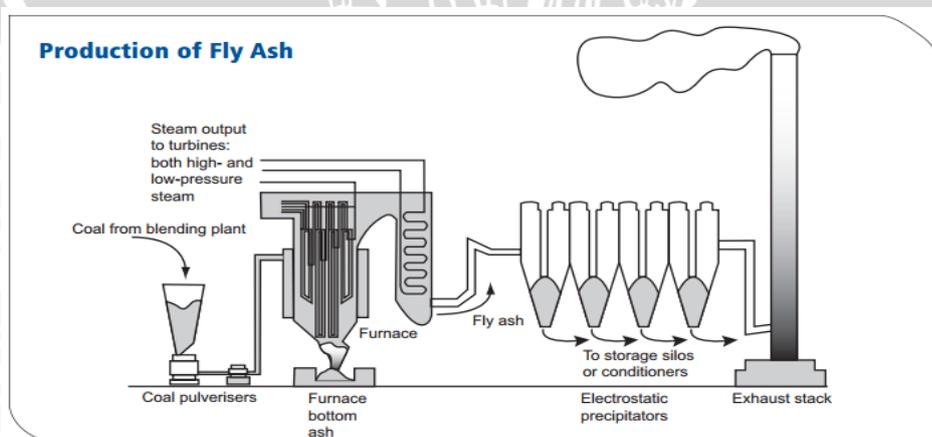
CaSO₄, dan AlSO₄ dapat menyebabkan tanaman mengalami keracunan. Pada musim kemarau, garam-garam ini akan muncul ke permukaan tanah sebagai kerak putih (Yustika, 2006). Akan tetapi jika pengelolaan lahan bekas tambang dikelola dengan baik, permasalahan tersebut dapat diminimalisir dan juga lahan bekas tambang dapat dimanfaatkan untuk lahan pertanian.

Kegiatan pertanian dapat dilaksanakan seiring dengan kegiatan penghijauan dengan menanam lahan timbunan dengan tanaman pepohonan. Pada lahan timbunan di Tanjung Enim Sumatera Selatan, tanaman tahunan penghijauan yang dapat beradaptasi adalah albizia, sungkai, gamal, angsana, randu, dan lamtoro.. Lahan timbunan yang telah direklamasi dapat pula dimanfaatkan untuk tanaman palawija seperti kedelai, jagung, ubi kayu, dan kacang tunggak. Hasil panen yang diperoleh memang tidak seperti di lahan kering lainnya. Pada tahun-tahun awal penanaman mungkin hasilnya rendah, tetapi setelah sifat fisik tanah membaik maka hasil pun akan meningkat (Yustika, 2006).

2.3. Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara

2.3.1. Proses Terbentuknya *Fly Ash* Batubara

Fly ash batubara merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran pada pembangkit tenaga listrik batubara. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan (Wardani, 2008). Setiap pembakaran satu ton batubara akan menghasilkan 15-17% abu batu bara.



(Sear, 2001 dalam Thomas, 2007).

Gambar 1. Skema stasiun pembangkit listrik berbahan bakar batubara

Dalam produksi *fly ash*, batubara dihancurkan di *boiler* yang nantinya akan menguap dan menghasilkan panas dengan suhu mencapai sekitar 1500 °C. Pada suhu ini mineral anorganik tidak mudah terbakar (seperti kuarsa, kalsit, gipsum, pirit, feldspar dan tanah liat mineral) yang akan terkumpul dari bawah tungku (*bottom ash*) sedangkan *fly ash* batubara dihasilkan dari sisa pembakaran batubara yang terbawa dari zona pembakaran dalam boiler dengan gas buang lainnya dan kemudian terkumpulkan oleh pemisah mekanis atau elektrostatik (Gambar 1). (Thomas, 2007).

2.3.2. Kandungan Kimia *Fly Ash* Batubara

Kandungan abu terbang batubara sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan kalsium (CaO), serta sedikit magnesium, potassium, sodium, titanium, dan sulfur Nugraha, *et al.*, 2007 (dalam Kurniawan, *et al.*, 2010). Menurut Marzuki (2000), kandungan mineral dalam abu terbang batubara dipengaruhi oleh komposisi kimia batubara, proses pembakaran batubara, serta bahan tambahan yang digunakan (termasuk bahan tambahan minyak untuk stabilisasi nyala api dan bahan tambahan untuk pencegahan korosi).

Rumus empiris abu terbang (*fly ash*) batubara adalah $\text{Si}_{1.0}\text{Al}_{0.45}\text{Ca}_{0.51}\text{Na}_{0.047}\text{Fe}_{0.039}\text{Mg}_{0.020}\text{K}_{0.013}\text{Ti}_{0.011}$. *Fly ash* batubara juga memiliki komponen fasa amorf seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan komponen fasa kristalin seperti α -quartz (SiO_2) dan mullit ($2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{AlO}_3$), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan magnetit (Fe_3O_4) (Tanaka, 2002).

Menurut Kurniawan, *et al.*, (2010), abu terbang umumnya bersifat alkalin di alam, namun pH abu terbang dapat bervariasi dari 4,5-12. Nilai pH abu terbang sebagian besar ditentukan oleh kandungan S dalam bahan induk batubara, tipe batubara yang digunakan selama pembakaran, dan kandungan S dalam abu terbang. Abu terbang mengandung CaO dan MgO yang memiliki susunan kimia hampir sama dengan kapur tohor. Kemampuan pengapuran atau daya netralisasi abu terbang mempunyai variasi yang besar tergantung pada sumber abu dan proses pelapukan.

2.3.3. Pemanfaatan *Fly Ash* Batubara

Abu batubara dapat secara langsung digunakan sebagai bahan pembenah tanah dengan cara dicampurkan dengan bahan organik, kapur, atau gypsum lalu dibuat dalam bentuk granul atau sebagai pupuk potassium silica. Abu batubara mampu meningkatkan sifat fisika tanah, meningkatkan kelembapan dan aerasi tanah. Abu batubara juga mampu menyediakan unsur mikro dalam kadar rendah untuk pertumbuhan tanaman. Abu batubara telah berhasil digunakan pada lahan pertanian di beberapa negara, seperti Australia, Jerman, India, Jepang, Afrika Selatan, Inggris, dan Amerika Serikat (Kurniawan, *et al.*, 2010).

PP. No.85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), *fly ash* dan *bottom ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Sehingga dalam pemanfaatan *fly ash* batubara perlu adanya pengolahan terlebih dahulu, hal ini sesuai dengan Pasal 2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang dapat tercemar sehingga sesuai fungsinya kembali.

2.4. Bahan Organik

Menurut Hidayanto, *et al.*,(2014), lahan bekas penambangan batubara merupakan lahan marginal yang miskin akan hara, sehingga untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal perlu pasokan hara dari luar. Lahan bekas penambangan batubara potensial untuk pertanian setelah dilakukan reklamasi lahan dengan penambahan bahan organik. Telah diketahui bahwa sistem pertanian akan bisa menjadi sustainable (berkelanjutan) jika kandungan bahan organik tanah lebih dari 2 % (Handayanto, 1999). Peran bahan organik penting untuk suplai hara bagi tanaman, terutama kaitannya dengan kesuburan tanah.

Bahan organik merupakan amelioran terbaik untuk memperbaiki sifat tanah. Bahan amelioran dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Bahan amelioran dapat berupa bahan organik, kapur, dolomit, gipsum, dan abu batu bara. Bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk mengikat/ menahan air,

sebagai perekat dalam pembentukan dan pematapan agregat tanah. Bahan organik dapat berupa pupuk kandang, kompos, sekam, dan hasil pangkasan tanaman penutup tanah (Yustika, 2006).

Bokashi merupakan salah satu jenis bahan organik. Bokashi dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, serta meningkatkan produksi tanaman, menjaga kestabilan produksi, menjaga kualitas dan kuantitas hasil yang berwawasan lingkungan (Wididana, *et al.*, 1996). Perbedaan bokashi dengan bahan organik lainnya adalah dari segi fisik dan proses pembuatannya yang nantinya juga akan mempengaruhi kandungan didalamnya. Bokashi merupakan metode pengomposan menggunakan starter anaerobik untuk mengomposkan bahan organik dengan campuran molase, air, starter mikroorganisme, sekam padi, limbah dapur rumah tangga, sampah organik, dan bahan-bahan lainnya yang berlangsung cepat (10-14 hari).

Bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi dapat mensuplai unsur hara bagi tanaman, sedangkan peran lainnya dari bahan organik antara lain: (1) memberikan warna gelap sehingga mampu mempengaruhi serapan energi panas matahari, (2) meningkatkan daya retensi air tanah karena bahan organik mampu menyerap air hingga 20 kali bobotnya, (3) membentuk khelat dengan ion logam dari unsur hara mikro seperti Cu, Al, dan Mn, sehingga menjadi bentuk yang stabil dalam tanah dan pada kondisi tanah tertentu dapat dimanfaatkan oleh tanaman atau mikroorganisme tanah, (4) meningkatkan ketersediaan unsur hara dari hasil dekomposisi, (5) memantapkan agregat tanah karena asosiasi senyawa organik dengan partikel primer tanah, (6) sebagai penyangga perubahan pH tanah, (7) meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, dan (8) sebagai sumber energi bagi aktivitas mikroorganisme tanah tertentu (Stevenson, 1994; Shiddieq, *et al.*, 2000; Sutanto, 2000).

Anwar, *et al.*, 2004 (*dalam* Ardiyanto, 2009), menjelaskan bahwa proses degradasi, dekomposisi, dan resistensi bahan organik dan senyawa-senyawa yang dikandungnya mengarah kepada pembentukan senyawa yang relatif lebih stabil dan tidak dengan mudah untuk mengalami dekomposisi lebih lanjut. Pemanfaatan bahan organik pada reklamasi lahan sangat penting bagi tanah dan pertumbuhan tanaman nantinya. Bahan organik penting karena dapat bereaksi dengan ion

logam yang kemudian membentuk senyawa kompleks karena bahan organik dapat mengikat senyawa atau unsure yang bersifat racun (Al, Fe, Cd dan Hg) terhadap tanaman (Karama dan Darmijati, 2003).

2.5. Sifat Kimia Tanah

2.5.1. pH Tanah

Reaksi tanah atau kemasaman tanah (pH) merupakan logaritma negatif kepekatan ion-ion H^+ dalam gram liter⁻¹ kelebihan nilai H^+ menandai tingkat kemasaman atau pH rendah dan nilai OH^- menunjukkan tingkat kealkalian. (Syehfani, 2009). pH tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu bahan induk tanah, pengendapan, vegetasi alami, pertumbuhan tanaman, kedalaman tanah dan pupuk nitrogen.

Nilai pH tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan kimiawi tanah, karena dapat mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah. pH optimum untuk ketersediaan unsur hara tanah adalah sekitar 7,0, karena semua unsur makro tersedia secara maksimum sedangkan unsur hara mikro tidak maksimum sehingga dapat menekan toksisitas unsur mikro. Pada pH di bawah 6,5 dapat terjadi defisiensi unsur P, Ca, dan Mg serta toksisitas unsur B, Mn, Cu, Zn dan Fe, sedangkan pada pH di atas 7,5 dapat terjadi defisiensi P, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca dan Mg, juga keracunan B dan Mo (Hanafiah, 2012). pH tanah dapat dijadikan acuan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara pada tanaman tertentu.

2.5.2. Bahan Organik Tanah

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang sangat penting bagi ekosistem tanah, yaitu sebagai sumber (source) dan pengikat (sink) hara dan sebagai substrat bagi mikroba tanah. Untuk mendapatkankondisi tanah yang optimal bagi pertumbuhan tanaman, diperlukan adanya bahan organik tanah (C-total) di lapisan atas paling sedikit 2 % (Young, 1989 dalam Hairiah. K., *et.al*, 2006).

Bahan organik tanah merupakan sumber hara tanaman dan sumber energi bagi sebagian jasad renik tanah. Di dalam tanah bahan organik akan mengalami degradasi dan mineralisasi sehingga senyawa kompleks akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan sejumlah unsur hara essensial seperti nitrogen

(N), fosfat (P), belerang (S) dan sejumlah unsur hara mikro (Shiddieq dan Partoyo, 2000).

2.5.3. Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu indikator kesuburan tanah karena statusnya sebagai unsur hara makro tanaman. Sumber nitrogen tanah dapat berasal dari hasil pengomposan bahan organik, penambatan gas N_2 oleh bakteri, terdapat dari air hujan dan dapat bersumber dari pemberian pupuk organik maupun bahan organik. Nitrogen diserap akar tanaman dalam bentuk ion NH_4^+ dan NO_3^- serta bersifat mobil di dalam tanah (Syekhfani, 2009). Metode standar yang digunakan dalam analisis nitrogen tanah adalah oksidasi katalitik (metode Kjeldahl).

Tinggi-rendahnya kandungan N tanah dipengaruhi oleh jumlah masukan maupun kehilangan dalam siklus N. Masukan N dapat bersumber dari pelapukan bahan organik (Syekhfani, 1997 dalam Khalif, *et al.*, 2014).

2.3.4. Pospor

Sumber utama P larutan tanah dapat berasal dari pelapukan batuan induk dari proses mineralisasi (P anorganik) bentuk P anorganik ini sebagian besar berkombinasi dengan Al, Fe, Ca, dan juga berikatan dengan liat membentuk kompleks fosfat liat tidak larut, sehingga banyak tidak tersedia bagi tanaman (Novriani, 2010).

Fosfor (P) termasuk unsur hara makro yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, namun kandungannya di dalam tanaman lebih rendah dibanding nitrogen (N), dan kalium (K). Tanaman menyerap P dari tanah dalam bentuk ion fosfat, terutama $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} yang terdapat dalam larutan tanah. Ion $H_2PO_4^-$ lebih banyak dijumpai pada tanah yang lebih masam, sedangkan pada pH yang lebih tinggi (>7) bentuk $H_2PO_4^-$ lebih dominan. Di samping ion-ion tersebut, tanaman dapat menyerap P dalam bentuk asam nukleat, fitin, dan fosfohumat (Hanafiah, 2007).

Besarnya kemampuan tanah tanaman memanfaatkan P dipengaruhi oleh pH tanah, tipe liat, temperatur, bahan organik, dan waktu aplikasi. pH tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan P tanah. Pada tanah masam, P bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al-P dan Fe-P, sedangkan pada tanah bereaksi basa

umumnya P bersenyawa sebagai Ca-P. Adanya pengikatan-pengikatan P tersebut menyebabkan pupuk P yang diberikan menjadi tidak efisien, sehingga perlu diberikan dalam takaran tinggi (Novriani, 2010).

2.3.5. Besi (Fe) dan Aluminium (Al)

Fe diserap tanaman dalam bentuk Fe^{2+} dan Fe^{3+} yang penting bagi pembentukan klorofil, zat karbohidrat, lemak, protein dan enzim. Akan tetapi meskipun Fe tidak menjadi komponen zat klorofil, namun berperan sebagai katalisator pada sintesa polisakarida. Jika unsur Fe tidak terdapat maka akan terjadi penimbunan NO^- dan SO_4^{2-} . Sumber Fe dapat juga diserap dalam bentuk khelat (ikatan logam dengan bahan organik), sehingga pupuk Fe dibuat dalam bentuk khelat. Khelat Fe yang biasa digunakan adalah Fe-EDTA, Fe-DTPA dan khelat yang lain (Mulyani, 2002).

Mossor-Pietraszewska (2001), menyebutkan bahwa aluminium dalam tanah bersifat racun dalam bentuk Al^{3+} dan $Al(OH)^2+$ serta beberapa penelitian menunjukkan terjadinya penghambatan pembelahan sel, perpanjangan sel yang menyebabkan pertumbuhan akar tidak sempurna sehingga berakibat pada gangguan penyerapan hara. Budi dan Sari (2015), aluminium yang terdapat didalam tanah dapat dijadikan sebagai rekomendasi penentuan kebutuhan kapur. Proses pengikatan Al-dd oleh asam-asam organik dapat terjadi karena asam-asam tersebut mempunyai gugus fungsional yang mengandung oksigen.

Pada tanah masam, kelarutan kation-kation Fe, Al, Mn, Cu, Zn tinggi (Hanafiah, 2007). Dijelaskan oleh Nyakfa *et al.*, 1988 (*dalam* Novriani 2010), bahwa dekomposisi bahan organik juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam sitrat, oksalat, tartat, malat dan asam malonat. Asam ini menghasilkan ion yang akan membentuk senyawa kompleks yang sukar larut dengan Al dan Fe. Dengan demikian diharapkan konsentrasi Al, Fe yang bebas dalam larutan tanah akan berkurang.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *Green House* pada satuan kerja Pengelolaan Lingkungan Kantor Revegetasi dan Pembibitan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Tanjung Enim, Palembang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai Maret 2016. Analisis kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan media dan pengamatan pertumbuhan adalah *Excavator* dan truk untuk pengambilan dan pengangkutan media tanah, *polybag* ukuran 40x50 cm, timbangan, ayakan tanah, penggaris, gembor, alat tulis, dan kamera untuk dokumentasi. Analisis kimia tanah menggunakan peralatan laboratorium.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah timbunan bekas tambang batubara yang diambil di Tupak (IUP TAL), *Fly Ash* batubara, dan bokashi yang diperoleh di PT. Bukit Asam (Persero),Tbk. Sedangkan benih kedelai varietas wilis diperoleh dari Balitkabi Malang.

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 18 satuan percobaan yang terdiri dari 6 perlakuan media dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini mengkombinasikan antara *fly ash* dengan bokashi yang disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan Penelitian

Kode	Perlakuan
B0F0	0 gram Bokashi + 0 gram <i>Fly Ash</i>
B0F1	0 gram Bokashi + 100 gram <i>Fly Ash</i>
B0F2	0 gram Bokashi + 200 gram <i>Fly Ash</i>
B1F0	100 gram Bokashi + 0 gram <i>Fly Ash</i>
B1F1	100 gram Bokashi + 100 gram <i>Fly Ash</i>
B1F2	100 gram Bokashi + 200 gram <i>Fly Ash</i>

Keterangan: aplikasi 10 ton ha⁻¹ = 100 gram polibag⁻¹; aplikasi 20 ton ha⁻¹ = 200 gram polibag⁻¹

(sumber acuan: Nedjaridwana, 2012)

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan Media

Media perlakuan menggunakan tanah bekas tambang yang diambil dari lahan timbunan Tupak IUP Tambang Air Laya (TAL), PT. Bukit Asam (Persero), Tbk., yang diambil menggunakan *excavator* hingga kedalaman 30 cm kemudian dikering anginkan selama \pm satu minggu atau hingga kadar air berkurang. Karena ukuran tanah tidak seragam dan terdapat campuran material lain seperti pecahan batubara, batu, kerikil, ranting pohon dan lain lain perlu adanya proses pengayakan dengan ukuran 0,5 cm agar ukuran lebih seragam dan tidak tercampur material lain. Media tanah yang sudah kering ayak dimasukkan kedalam polybag ukuran 40x50cm dengan berat tanah 10 kg yang dicampur dengan bokashi dan *Fly Ash* batubara sesuai dengan aplikasi perlakuan yang disajikan dalam (Tabel 1).

3.4.2. Penanaman

Benih yang digunakan adalah benih kedelai varietas wilis (Lampiran 2) benih yang baik yang kemudian ditanam pada media perlakuan yang telah disiapkan. Setiap polybag media perlakuan ditanam dengan tiga benih kedelai.

3.4.3. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kedelai meliputi penyiraman yang dilakukan pada pagi dan sore hari serta penyiangan gulma dan penanggulangan hama yang dilakukan secara manual menggunakan tangan.

3.4.4. Pengamatan Pertumbuhan

Pengamatan pertumbuhan tanaman kedelai dilakukan pada masa vegetatif tanaman selama 6 minggu atau hingga ditandai dengan munculnya bunga. Pengamatan yang dilakukan terdiri dari pengukuran tinggi tanaman dan perhitungan jumlah daun yang dilakukan setiap minggu pada masa vegetatif dan pengamatan waktu muncul bunga.

3.4.5. Analisis Sifat Kimia Tanah

Analisis sifat kimia tanah dilakukan pada tanah awal sebelum perlakuan dan tanah setelah perlakuan dan panen meliputi pH H₂O, N-total, C-organik, P-

tersedia, Fe-tersedia, dan Al-dd. Parameter dan metode analisis yang digunakan disajikan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Parameter dan Metode Analisis Sifat Kimia Tanah

Parameter	Metode Analisis	Waktu Analisis
pH H ₂ O	Glass Elektrode	Dasar dan 6 MST
N-total	Kjehdahl	Dasar dan 6 MST
C-organik	Walkey and Black	Dasar dan 6 MST
P-tersedia	Bray-I & II	Dasar dan 6 MST
Fe-tersedia	AAS	Dasar dan 6 MST
Al-dd	AAS	Dasar dan 6 MST

3.5. Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil penelitian diolah menggunakan *Ms.Excel 2007* dan dianalisis secara statistik menggunakan sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada taraf 5 % untuk melihat perbedaan antar parameter. Apabila terdapat pengaruh yang nyata dengan *Genstat 61th edition*. Jika terdapat perlakuan yang berbeda nyata akan dilanjutkan dengan uji Duncan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan dan selanjutnya dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antar parameter pengamatan menggunakan aplikasi *Genstat 61th edition*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Kimia Tanah Bekas Tambang

Hasil analisis awal terhadap sifat kimia tanah bekas tambang batubara PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. disajikan dalam (Tabel 4). Sifat kimia tanah bekas tambang umumnya memiliki nilai kesuburan yang rendah. Tingkat kemasaman yang tinggi pada tanah bekas tambang batubara menyebabkan unsur hara tidak tersedia bagi tanaman dan terdapat akumulasi logam berat. Sehingga perlu adanya analisis sifat kimia tanah untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terkandung didalam tanah.

Tabel 3. Sifat Kimia Tanah Bekas Tambang

Parameter	Satuan	Nilai*	Kriteria**
pH H ₂ O	-	4,40	Sangat masam
C-organik	%	2,34	Sedang
N-total	%	0,13	Rendah
P ₂ O ₅ (Bray II)	Ppm	36,48	Sangat tinggi
Fe-Tersedia	Ppm	7,56	Sedang
Al-dd	Ppm	0,59	Sangat rendah
C/N	-	18,06	Tinggi

Keterangan: *: Hasil Analis Laboratorium

** : Kriteria menurut Balai Penelitian Tanah (2009)

Hasil analisis sifat kimia timbunan bekas tambang batubara di (PT. Bukit Asam (Persero) Tbk., memiliki kandungan C-organik sedang 2,34% , N-total sangat rendah 0,13%, dan P-Bray II sangat tinggi 36,48%, Al-dd 0,59 ppm dengan kriteria yang sangat rendah. Kurniawan *et al.*, (2010), menyebutkan dari hasil penelitian yang dilakukan pada tanah *tops soil* PT. Bukit Asam memiliki sifat kimia tanah bekas tambang memiliki pH 4,3 yang masuk kedalam kriteria sangat masam, C-organik 1,52% dan N-total 0,11% dengan kriteria rendah, P-Bray I 1,5 mg kg⁻¹ dan Al-dd 18,87mg kg⁻¹ dengan kriteria sangat rendah dan C/N 14 yang tergolong sedang.

Nilai kandungan C-organik, N-Total, dan P-Bray dari hasil analisis sifat kimia tanah timbunan bekas tambang batubara (PT. Bukit Asam (Persero) Tbk., memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sifat kimia pada penelitian yang dilakukan sebelumnya

Meskipun penelitian sebelumnya tidak dapat dijadikan sebagai tolak ukur sifat kimia tanah di lokasi peneltian akan tetapi dapat dijadikan sebagai keadaan

sifat kimia tanah bekas tambang pada umumnya karena pada lahan bekas tambang batubara memiliki sifat kimia tanah yang berbeda tergantung pada lokasi dan pengelolaannya. Kriteria parameter pada C-organik, N-total, dan P-Bray yang lebih tinggi serta nilai Al-dd yang lebih rendah dapat dikarenakan pada lokasi pengambilan sampel telah ada penambahan bahan organik dari lokasi lain. Akan tetapi nilai pH masih tergolong sangat masam sehingga untuk meningkatkan pH tanah perlu diupayakan penambahan kapur.

4.2. Perubahan Sifat Kimia Tanah Setelah Perlakuan

Tabel 4. Kriteria sifat Kimia Tanah Setelah Perlakuan

Perlakuan	pH H ₂ O	C-Organik -----%-----	N-Total	P-Tersedia (ppm)	Fe-Tersedia (ppm)
B0F0	5,41 ^M	2,01 ^S	0,21 ^S	6,90 ^R	10,18 ^T
B0F1	5,52 ^{AM}	2,80 ^S	0,20 ^S	8,39 ^S	8,14 ^T
B0F2	5,37 ^M	2,89 ^S	0,21 ^S	8,69 ^S	8,72 ^T
B1F0	5,45 ^M	2,76 ^S	0,20 ^S	13,81 ^T	8,43 ^T
B1F1	5,53 ^{AM}	3,04 ^T	0,21 ^S	12,57 ^T	7,85 ^T
B1F2	5,39 ^M	3,45 ^T	0,23 ^S	23,18 ST	9,59 ^T

Keterangan : AM: agak masam; M: masam; R: rendah; S: sedang; T: tinggi; ST: sangat tinggi

Kriteria Unsur Hara berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005)

Penentuan kriteria hasil analisa juga dilakukan untuk mempermudah dalam menentukan perubahan sifat kimia tanah sebelum dan sesudah perlakuan. Dari hasil analisis sifat kimia tanah setelah perlakuan memiliki perubahan analisis dasar pada setiap parameter yang diuji.

Nilai pH awal 4,40 dengan kriteria sangat masam memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan (Tabel 4). Perubahan pH tertinggi terdapat pada perlakuan B1F1 5,53 kriteria masam. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dapat meningkatkan pH tanah timbunan bekas tambang batubara yang memiliki pH sangat masam.

Perlakuan dengan penambahan *fly ash* dan bokashi memberikan perubahan pada kandungan C-organik tanah yang mengalami peningkatan dari C-organik awal 2,34%. Peningkatan C-organik tertinggi terdapat pada perlakuan B1F 23,45% dan pada perlakuan B0F0 nilai C-organik turun menjadi 2,01%.

Pada (Tabel 4) juga dapat diketahui terjadi perubahan N-total awal 0,13% meskipun memiliki nilai yang tidak signifikan antar perlakuan. Peningkatan N-total tertinggi terjadi pada perlakuan B1F2 0,23% dengan adanya penambahan sebanyak 0,1% dari nilai N-total awal. Perlakuan B1F2 memiliki P-tersedia yang lebih tinggi dari perlakuan yang lainnya. Akan tetapi ketersediaan unsur P pada tanah setelah perlakuan mengalami penurunan dari nilai P-tersedia awal 36,48 ppm menjadi 23,18 ppm. Semua perlakuan pada ketersediaan P mengalami penurunan yang salah satu penyebabnya karena adanya penyerapan P oleh tanaman. Menurut Hanafiah (2012), unsur P diserap tanaman dalam bentuk ion orthofosfat ($H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}).

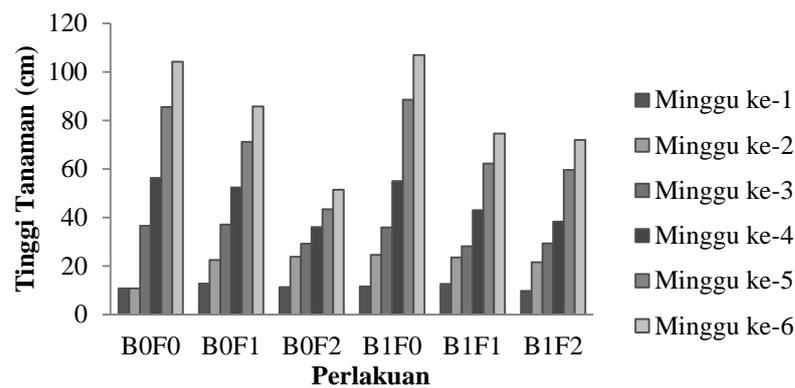
Dari hasil analisa menunjukkan bahwa kriteria Fe-tersedia pada tanah awal mengalami perubahan dari sedang menjadi kriteria yang tinggi pada tanah setelah perlakuan. Nilai Fe-tersedia didalam tanah setelah perlakuan mengalami peningkatan tertinggi pada perlakuan kontrol dari 7,56 ppm menjadi 10,18 ppm dan peningkatan Fe-tersedia paling kecil pada perlakuan B1F1 sebanyak 0,29 ppm menjadi 7,85 ppm dengan kriteria tinggi.

Sedangkan berdasarkan hasil analisis kimia tanah setelah perlakuan tidak terdapat nilai Al-dd didalam tanah. Hal ini dapat dimungkinkan karena nilai Al-dd tanah sebelum perlakuan yang tergolong sangat rendah. Rendahnya nilai Al-dd juga dapat dipengaruhi adanya interaksi dengan unsur hara lain.

4.3. Pengaruh Fly Ash Batubara dan Bokashi Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill)

4.3.1. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan untuk mengetahui perbandingan tinggi tanaman pada setiap perlakuan. Pengamatan tinggi tanaman berlangsung selama masa vegetatif tanaman atau hingga waktu muncul bunga pertama. Berdasarkan hasil analisis ragam tinggi tanaman (Lampiran 8a) aplikasi perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman yang artinya bahwa pemberian perlakuan tidak memiliki nilai yang signifikan terhadap tinggi tanaman. Tinggi Tanaman pada perlakuan B1F0 memiliki nilai tertinggi 107,00 cm dan tinggi tanaman terendah pada perlakuan B0F2 51,47 cm di minggu ke-6. Hal ini dikarenakan adanya penambahan bahan organik dari pemberian bokashi.



Keterangan: B0F0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; B0F1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; B0F2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Gambar 2. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman

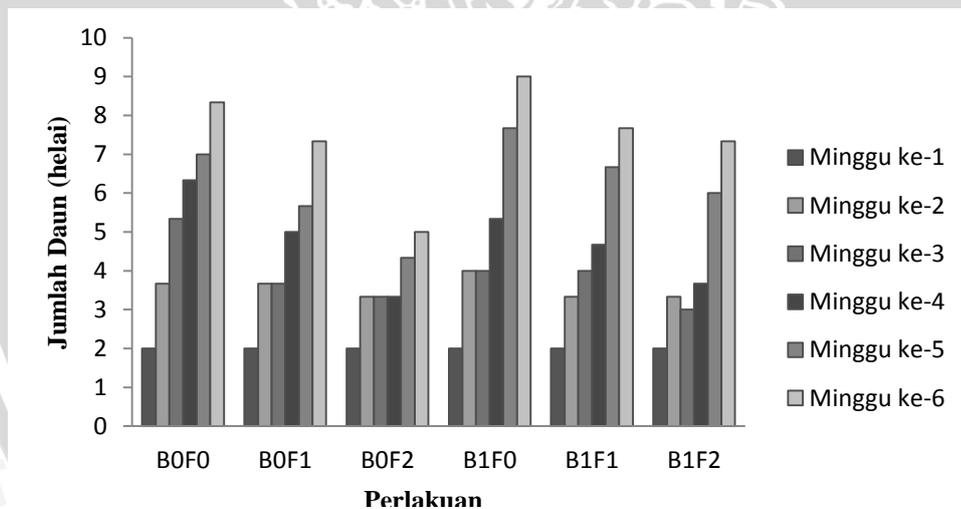
Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan dengan penambahan bokashi memberikan hasil yang lebih tinggi daripada perlakuan yang ditambahkan dengan pemberian *fly ash* batubara. Hal ini dikarenakan pada aplikasi B1F0 dan B0F0 unsur hara N yang diperlukan untuk pertumbuhan tinggi tanaman dapat tersedia bagi tanaman untuk pertumbuhan sedangkan pada tanaman dengan penambahan *fly ash* N tidak dapat tersedia bagi tanaman. Ketidakterdediaan unsur hara nitrogen dalam tanah dapat diakibatkan karena adanya pencucian atau terhambatnya aktivitas organisme penambat N. Dari beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi *fly ash* pada tanah berpasir sangat menghambat respirasi mikroba, aktivitas enzim dan proses siklus N (Basu, *et al.*, (2009). Kondisi inilah yang menyebabkan tanaman yang tidak diberikan aplikasi *fly ash* memiliki hasil tinggi tanaman tertinggi karena nitrogen dapat tersedia meskipun pada nilai N-total yang lebih rendah. Kelebihan N memberikan warna gelap, sukulen, dan pertumbuhan vegetatif yang hebat dan kekurangan N menyebabkan tanaman kerdil (Budi dan Sasmita, 2015)

Prasetyo, *et al.*, (2010), mengatakan bahwa penambahan 20 ton ha⁻¹, 40 ton ha⁻¹ dan 60 ton ha⁻¹ tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap tinggi tanaman padi akan tetapi aplikasi *fly ash* 40 ton ha⁻¹ memberikan hasil tertinggi. Menurut Sarawa (2014), bahwa perlakuan pemberian bahan organik (pupuk kandang) 20 ton ha⁻¹ memberikan pertumbuhan terbaik pada tanaman kedelai meskipun tidak terlalu berbeda dengan pertumbuhan tanaman kedelai pada perlakuan pupuk kandang 10 ton ha⁻¹ pada tanaman kedelai. Hasil penelitian

Mashlika (2002), menyebutkan bahwa dosis bokashi yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai adalah 100 g, 300 g, 400 g dan 500 g.

4.3.2. Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis ragam jumlah daun tanaman kedelai (lampiran 8b) pada minggu ke-6 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Perlakuan *fly ash* 20 ton ha⁻¹ tanpa kombinasi bokashi (B0F2) berbeda nyata dengan perlakuan dengan *fly ash* rendah dan kombinasi *fly ash* dan bokashi (B0F1, B1F2, B1F1) dan sangat berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa *fly ash* batubara (B0F0 dan B1F0). Jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan B1F0 9 helai daun majemuk dan jumlah daun paling sedikit pada perlakuan B0F2 5 helai daun majemuk (Gambar 3). Perlakuan dosis *fly ash* yang tinggi tanpa kombinasi bokashi memiliki jumlah daun paling sedikit dibandingkan perlakuan yang lainnya. Hal ini dapat disebabkan karena unsur hara yang kurang tersedia untuk pertumbuhan tanaman karena minimnya bahan organik.



Keterangan: B0F0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; B0F1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; B0F2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Gambar 3. Hasil Pengamatan Jumlah Daun

Bahan organik diperlukan dalam meningkatkan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Dewi (2013), menunjukkan bahwa pemberian kompos berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, dan bobot kering akar. Penelitian Handoyo, *et l.* (2015), perlakuan bokashi menunjukkan hasil paling baik

ditunjukkan pada parameter tinggi tanaman yaitu 37,38 cm dan jumlah daun 38,41 helai.

Pada perlakuan kombinasi pemberian *fly ash* dengan bokashi memiliki nilai yang lebih tinggi pada pertambahan jumlah daun jika dibandingkan dengan pemberian *fly ash* saja. Aplikasi pemberian *fly ash* yang dikombinasikan dengan bokashi dapat meningkatkan jumlah daun lebih baik daripada pemberian *fly ash* secara tunggal. Hal tersebut berhubungan dengan adanya interaksi antara unsur yang terkandung dalam *fly ash* dan bokashi. Mitra, *et al.*, (1994), menyatakan bahwa interaksi *fly ash* dengan pupuk organik dan anorganik memberikan efisiensi pemupukan yang lebih baik dari aplikasi pupuk kimia atau pupuk kimia dan pupuk organik dalam jumlah yang lebih besar.

4.3.3. Waktu Muncul Bunga

Parameter pengamatan waktu muncul bunga dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap masa vegetatif tanaman. Munculnya bunga menandai bahwa tanaman sudah memasuki masa generatif. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembungaan adalah unsur P. Menurut Ekowati *et, al* (2011), pengamatan waktu muncul bunga penting untuk diamati karena fase generatif suatu tanaman diamati dengan munculnya kuncup bunga pada tanaman tersebut. Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 9c) menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap waktu muncul bunga.

Tabel 5. Waktu Muncul Bunga (HST)

Perlakuan	Waktu Muncul Bunga (HST)
B0F0	42 ^c
B0F1	39 ^b
B0F2	39 ^b
B1F0	40 ^{bc}
B1F1	38 ^b
B1F2	35 ^a

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti dengan huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji DMRT 5%, hst: hari setelah tanam, tn: tidak berbeda nyata.

Hasil dari uji sidik ragam diatas menunjukkan bahwa perlakuan B0F0 yaitu perlakuan kontrol menunjukkan hasil yang berbeda nyata dari perlakuan yang lain. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tanaman kedelai yang tidak

diberikan penambahan *fly ash* dan bokashi memiliki kemunculan waktu berbunga terlama atau memiliki masa vegetatif yang lebih panjang. Sedangkan pada perlakuan B1F2 memiliki waktu kemunculan bunga tercepat pada 35 HST. Penambahan *fly ash* dan bokashi memberikan waktu muncul bunga lebih cepat dibandingkan dengan tanpa pemberian *fly ash* dan bokashi dikarenakan ketersediaan unsur P dalam *fly ash* dan bokashi.

Unsur hara P bagi tanaman berpengaruh terhadap pembungaan. P didalam tanah banyak ditemukan dalam bentuk senyawa fosfor anorganik Ca, Fe dan Al serta dapat diserap oleh tanaman apabila dirubah dalam bentuk fosfor organik melalui proses perombakan terlebih dahulu (Syekhfani, 2009). Sehingga pada perlakuan B1F2 memiliki waktu munculbunga tercepat akibat ketersediaan P lebih tinggi.

Pada penelitian Prasetyo, *et al.*,(2010), perlakuan *fly ash* 40 ton ha⁻¹ memiliki serapan hara P tertinggi pada tanaman padi. Pemberian Golden Harvest (pupuk hayati) pada konsentrasi 7.5 ml pada tanaman kedelai memberikan rata – rata pertumbuhan tinggi tanaman, bobot kering pupus tanaman, bobot kering akar, umur berbunga, bobot 100 biji dan hasil yang lebih baik (Soverda, *et al.*,2009).

4.4. Pengaruh *Fly Ash* Batubara dan Bokashi Terhadap Sifat Kimia Tanah

4.4.1. pH Tanah

Berdasarkan hasil analisis ragam pH tanah (Lampiran 9d) perlakuan *fly ash* dan bokashi tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan pH tanah. Akan tetapi perlakuan dapat meningkatkan nilai pH awal sebelum perlakuan 4,40 dengan kriteria sangat masam (Lampiran 5). Dari hasil analisis ragam perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Perubahan pH pada tiap perlakuan tidak terlalu signifikan. Nilai pH tertinggi pada perlakuan B1F1. Peningkatan pH setelah perlakuan terjadi karena adanya penambahan *fly ash* dan bokashi. Nilai pH tertinggi pada perlakuan B1F1 dan terendah pada perlakuan B1F2. Pada perlakuan B1F1 memiliki nilai pH tertinggi yang dapat disebabkan oleh kombinasi *fly ash* dan bokashi yang seimbang sehingga memiliki pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan seluruh perlakuan.

Tabel 6. pH Tanah Setelah Perlakuan

Perlakuan	Nilai pH setelah aplikasi	Perubahan pH	Kriteria*
B0F0	5,41	1,01	Masam
B0F1	5,52	1,12	agak masam
B0F2	5,38	0,98	Masam
B1F0	5,46	1,06	Masam
B1F1	5,53	1,13	agak masam
B1F2	5,39	0,99	Masam
F.Tabel 5%	tn		

Keterangan: *Sumber : Balai Penelitian Tanah, 2009

tn: hasil tidak berbeda nyata

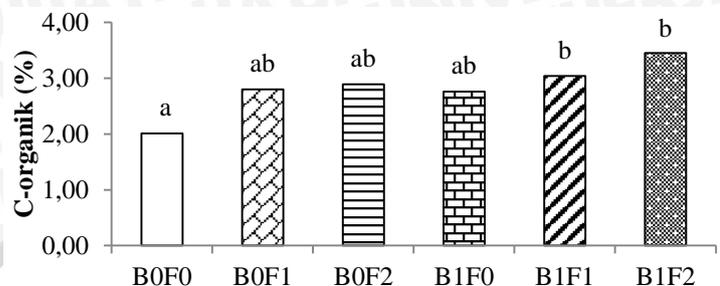
B0F0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; B0F1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; B0F2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Dari analisis data tersebut dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash* tidak dapat meningkatkan pH secara signifikan. Akan tetapi terdapat peningkatan pH dari pH awal 4,40. Kombinasikan dengan bokashi dan *fly ash* sebanyak 100 g polybag⁻¹ atau setara dengan pemberian 10 ton ha⁻¹ memiliki nilai perubahan pH yang lebih tinggi dari perlakuan lain yakni naik 1,13 dari 4,40 menjadi 5,53. Menurut Prasetyo *et al* (2010), peningkatan pH terjadi karena abu batubara mengandung CaO dan MgO yang dapat menetralkan ion-ion H⁺ dari dalam tanah. Peningkatan pH setelah perlakuan terhadap pH awal dikarenakan adanya penambahan bahan organik dan *fly ash*. Hal ini sejalan dengan Hart *et al*. (2003), bahwa pemberian abu terbang dapat menaikkan pH tanah serta memperbaiki sifat tanah. Penambahan *Fly ash* pada tanah dapat meningkatkan pH tanah, terutama pada tanah masam yang cenderung basa karena CO₂ bereaksi reaktif dengan CaO yang terkandung dalam *fly ash* menjadi CaCO₃ sehingga pH tanah menjadi netral.

4.4.2. C-organik

Berdasarkan hasil analisis dasar C-organik tanah memiliki nilai C-organik 2,34% dengan kriteria sedang. Hasil analisis ragam C-organik (lampiran 9f) memperoleh hasil yang berbeda nyata terhadap perlakuan. Pada perlakuan B1F0 memiliki nilai C-organik tertinggi sebesar 3,45 % dengan kriteria tinggi (Lampiran 7) dan terendah pada perlakuan B0F0 (kontrol) tanpa adanya

penambahan bokashi dan *fly ash* dengan nilai 2,01%. Rendahnya nilai kandungan C-organik pada perlakuan B0F0 diakibatkan dari tidak adanya penambahan bahan organik, sedangkan pada perlakuan B1F2 memiliki tambahan bahan organik dan kombinasi *fly ash* tertinggi.



Keterangan: B0F0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; B0F1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; B0F2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

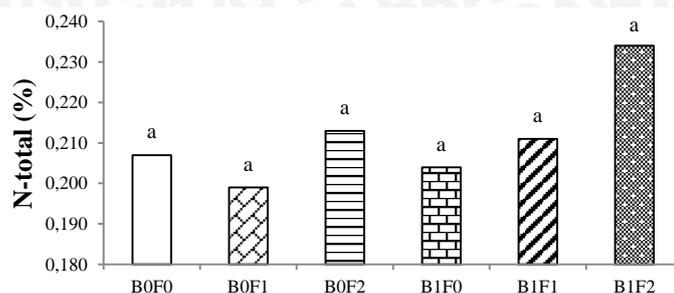
Gambar 4. Nilai C-organik

Menurut Inam (2007), dalam sebuah studinya dengan methi (*Trigonella foenum-graecum*) diberi perlakuan *fly ash* dengan dosis 0, 5, 10, dan 15 ton ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan dua dosis nitrogen yang berbeda menunjukkan bahwa aplikasi terbaik ialah perlakuan dengan *fly ash* 10 t ha⁻¹ dengan 20 kg N ha⁻¹. Jika dibandingkan dengan penelitian tersebut dapat dilakukan pendugaan bahwa aplikasi bokashi 10 t ha⁻¹ dan *fly ash* 20 t ha⁻¹ memberikan sumbangan C-organik terbaik.

Penambahan bahan organik berbanding lurus dengan peningkatan C-organik tanah dan sebaliknya. Dari penelitian Kusumastuti (2014) mengatakan bahwa pemberian bahan organik 50% dan 25% tidak berpengaruh nyata terhadap C-organik akan tetapi berpengaruh terhadap C organik tanah pada tanah yang tidak diberi bahan organik (POME).

4.4.3. N-total

Nitrogen adalah unsur yang berpengaruh cepat terhadap pertumbuhan tanaman. Nilai N-total tanah menunjukkan banyaknya kandungan nitrogen didalam tanah, baik yang tersedia maupun yang tidak tersedia bagi tanaman. Dari hasil analisis ragam N-total terhadap perlakuan (Lampiran 9g) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan.



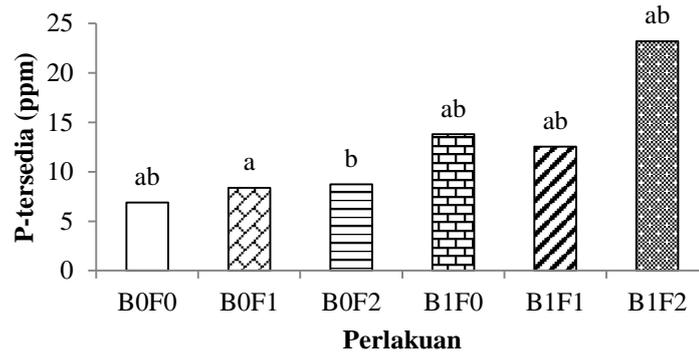
Keterangan: BOF0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; BOF1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; BOF2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Gambar 5. Nilai N-total

Dari Nilai N-total dapat dilihat bahwa nilai N-total tertinggi sebesar 0,234% oleh perlakuan B1F2 dan nilai terendah pada perlakuan BOF1 0,199%. Perlakuan B1F2 memberikan N-total tertinggi karena adanya pemberian bokashi dan *fly ash* yang lebih tinggi. Pemberian bokashi membantu proses dekomposisi bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikro organisme penambat N. Perubahan nilai N-total antar perlakuan memiliki nilai yang tidak signifikan tetapi mengalami peningkatan dari analisis awal. Peningkatan nilai pH setelah perlakuan paling tinggi pada perlakuan B1F2 sebesar 0,1 dari pH awal. Adanya peningkatan nilai N-total setelah perlakuan menunjukkan bahwa pemberian *fly ash* dan bokashi mampu meningkatkan pH awal. Zarea, *et al.*, (2011), aplikasi kompos meningkatkan pH tanah dan unsur hara tanah. Apabila pH tanah meningkat juga dapat meningkatkan unsur hara lainnya.

4.4.4. P-Tersedia

Berdasarkan hasil analisis ragam P-tersedia (Lampiran 9h) memiliki nilai yang berbeda nyata terhadap perlakuan *fly ash* dan bokashi. Pada Gambar 7 yang menyajikan Nilai P-tersedia menunjukkan hasil tertinggi pada perlakuan B1F2 dengan nilai 23,18 ppm dibandingkan dengan perlakuan yang lain yakni berurutan dari yang terendah pada perlakuan BOF0 6,90 ppm, BOF1 sebesar 8,39mg kg⁻¹, BOF2 sebesar 8,69 ppm, B1F1 sebesar 12,57 ppm, dan B1F0 sebesar 13,81 ppm. Hal ini dipengaruhi karena terdapat penambahan *fly ash* 200 g polibag⁻¹ yang setara dengan aplikasi 20 ton ha⁻¹.



Keterangan: B0F0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; B0F1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; B0F2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Gambar 6. Nilai P-tersedia

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro esensial yang berperan penting dalam penyediaan energi kimia yang dibutuhkan pada hampir semua kegiatan (Utami, 2004; Irawan *et al*, 2016). Pada (Gambar 6) dapat dilihat bahwa perlakuan B1F2 memiliki nilai P-tersedia yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Namun, dari hasil analisis sifat kimia tanah menunjukkan adanya penurunan kandungan P-tersedia pada tanah setelah perlakuan. Nilai P-tersedia awal 36,48 mengalami penurunan pada seluruh perlakuan. Penurunan nilai P tertinggi terdapat pada perlakuan B0F0 29,58 dan terendah pada perlakuan B1F2 mengalami penurunan sebanyak 13,30. Penurunan nilai P-tersedia karena terserapnya P oleh jaringan tanaman. Pada perlakuan B1F2 menunjukkan penurunan nilai P-tersedia terendah yang menunjukkan bahwa aplikasi memberikan peningkatan pada nilai P dan mampu menggantikan unsur yang hilang. Basu, *et al.*, (2009), menyimpulkan bahwa *fly ash* mengandung unsur hara makro salah satunya adalah unsur P. Unsur P diperlukan tanaman sebagai sumber ATP untuk metabolisme sel, pertumbuhan akar dan jumlah bintil yang nantinya akan berpengaruh pada peningkatan fiksasi N_2 oleh bakteri sehingga mampu meningkatkan serapan N pada tanaman kedelai (Triadi, 2013)

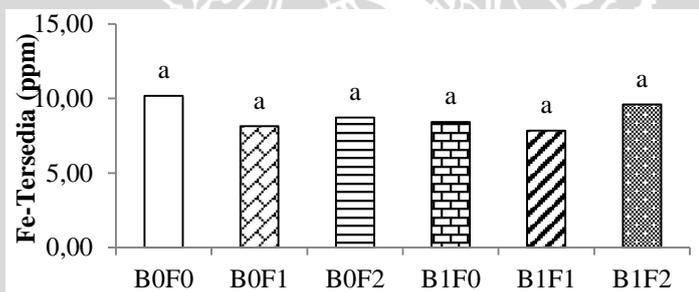
4.4.5. Al-dd dan Fe-tersedia

Pada analisa kimia tanah setelah perlakuan nilai Al-dd tidak terdeteksi akan tetapi pada analisa dasar tanah memiliki Al-dd 0,59 ppm dengan kriteria sangat rendah (Lampiran 4). Hal ini berhubungan dengan nilai pH tanah dasar 4,40 yang

menyebabkan kondisi Al rendah. Budi dan Sasmita (2010), menjelaskan bahwa kelarutan aluminium lebih besar pada $pH < 4,7$.

Pada analisa setelah perlakuan Al-dd tidak dapat terdeteksi karena adanya kenaikan pH. Budi dan Sasmita (2015), menjelaskan bahwa kelarutan aluminium tanah masam alami adalah 1,5-23 ppm, pada pH 4,5 berkisar 0-12 ppm, dan pada pH 4,9 berkisar 0-2 ppm. Dari penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa Al tidak dapat larut. Kelarutan Al-dd dipengaruhi oleh faktor kandungan bahan organik, Kapasitas Tukar Kation Alami, tipe ilit, bentuk dan jumlah senyawa aluminium yang tidak larut (Budi dan Susi, 2015).

Unsur hara Fe merupakan unsur mikro sangat dipengaruhi oleh kondisi oksidasi reduksi dan memiliki kelarutan kation yang tinggi pada tanah masam. Dari hasil analisis ragam Fe-tersedia (Lampiran 9i), penambahan *fly ash* dan bokashi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai Fe-tersedia, akan tetapi mengalami perubahan jika dilihat dari analisa awal yang memiliki nilai Fe-tersedia sebesar 7,56 ppm yang masuk kedalam kriteria sedang.



Keterangan: BOF0 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 0 gram; B1F0 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 0 gram; BOF1 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 100 gram; B1F1 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 100 gram; BOF2 : Bokashi 0 gram + *Fly Ash* 200 gram; B1F2 : Bokashi 100 gram + *Fly Ash* 200 gram

Gambar 7. Nilai Fe-tersedia

Pada Perlakuan BOF0 memiliki nilai Fe-tersedia lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Pada (Gambar 7) juga dapat dilihat bahwa nilai Fe-tersedia terendah pada perlakuan B1F1 7,85 ppm dan nilai tertinggi pada perlakuan BOF0 sebesar 10,18 ppm. Jika dibandingkan dengan analisa dasar, konsentrasi Fe-tersedia mengalami peningkatan Fe tertinggi 2,62 yang dapat dimungkinkan karena kandungan Fe pada tanah dasar sebelum ditanami kedelai dalam bentuk yang tidak tersedia. Akan tetapi dengan adanya penambahan *fly ash* dan bokashi, ketersediaan Fe didalam tanah dapat diminimalisir yakni hasil menunjukkan bahwa peningkatan pada perlakuan B1F1 memiliki nilai

peningkatan terkecil 0,29. Meningkatnya nilai Fe pada perlakuan yang tidak diberikan aplikasi *fly ash* dan bokashi berhubungan dengan nilai pH dan ketersediaan unsur P dalam tanah.

Menurut Bachtiar (2006), meningkatnya kelarutan ion-ion Al dan Fe tanah sangat dipengaruhi oleh keadaan pH tanah. Penambahan Fly ash dan bokashi sebagai bahan amelioran mampu menurunkan kandungan Al dan Fe. Menurut penelitian Stevenson, bahan organik memiliki kemampuan dalam mencengkam (chelate) koloid/mineral oksida bermuatan positif dan kation-kation terutama Al dan Fe yang reaktif, menyebabkan fiksasi P tanah menjadi ternetralisir, serta adanya asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik yang mampu melarutkan P dan unsur lain dari pengikatnya, menghasilkan ketersediaan dan efisiensi pemupukan P dan hara lainnya (Hanafiah, 2009).

4.5. Pembahasan Umum

Perlakuan penambahan *fly ash* batubara dan bokashi memberikan pengaruh yang nyata pada waktu kemunculan bunga, sedangkan pada pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tidak memberikan pengaruh yang nyata. Berdasarkan hasil korelasi (Lampiran 10) pada pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai menunjukkan korelasi sangat kuat ($r=0,773$) yang menunjukkan bahwa tinggi tanaman memiliki hubungan positif terhadap jumlah tanaman.

Pertumbuhan vegetatif tanaman diakhiri dengan adanya kemunculan bunga, sehingga pengamatan waktu muncul bunga juga diperlukan. Waktu muncul bunga memiliki hasil korelasi yang kuat ($r=0,589$) dengan nilai P-tersedia. Hubungan yang positif antara waktu muncul bunga dan nilai P-tersedia menunjukkan bahwa semakin lama pembungaan dapat diperkirakan bahwa kandungan P-tersedia didalam tanah rendah dan juga sebaliknya.

Perlakuan penambahan *fly ash* batubara dan bokashi berpengaruh nyata terhadap sifat kimia tanah yakni pada perubahan C-organik, P-tersedia, dan Fe-tersedia tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH dan N-total meskipun terjadi peningkatan rata-rata sebesar 0,08 pada perubahan pH dan N-total dari nilai awal sebelum perlakuan. Hasil korelasi pada sifat kimia tanah setelah perlakuan menunjukkan hubungan yang sangat kuat ($r=0,721$) antara C-organik dengan N-total. Dari hasil analisis kimia tanah menunjukkan apabila pada suatu perlakuan

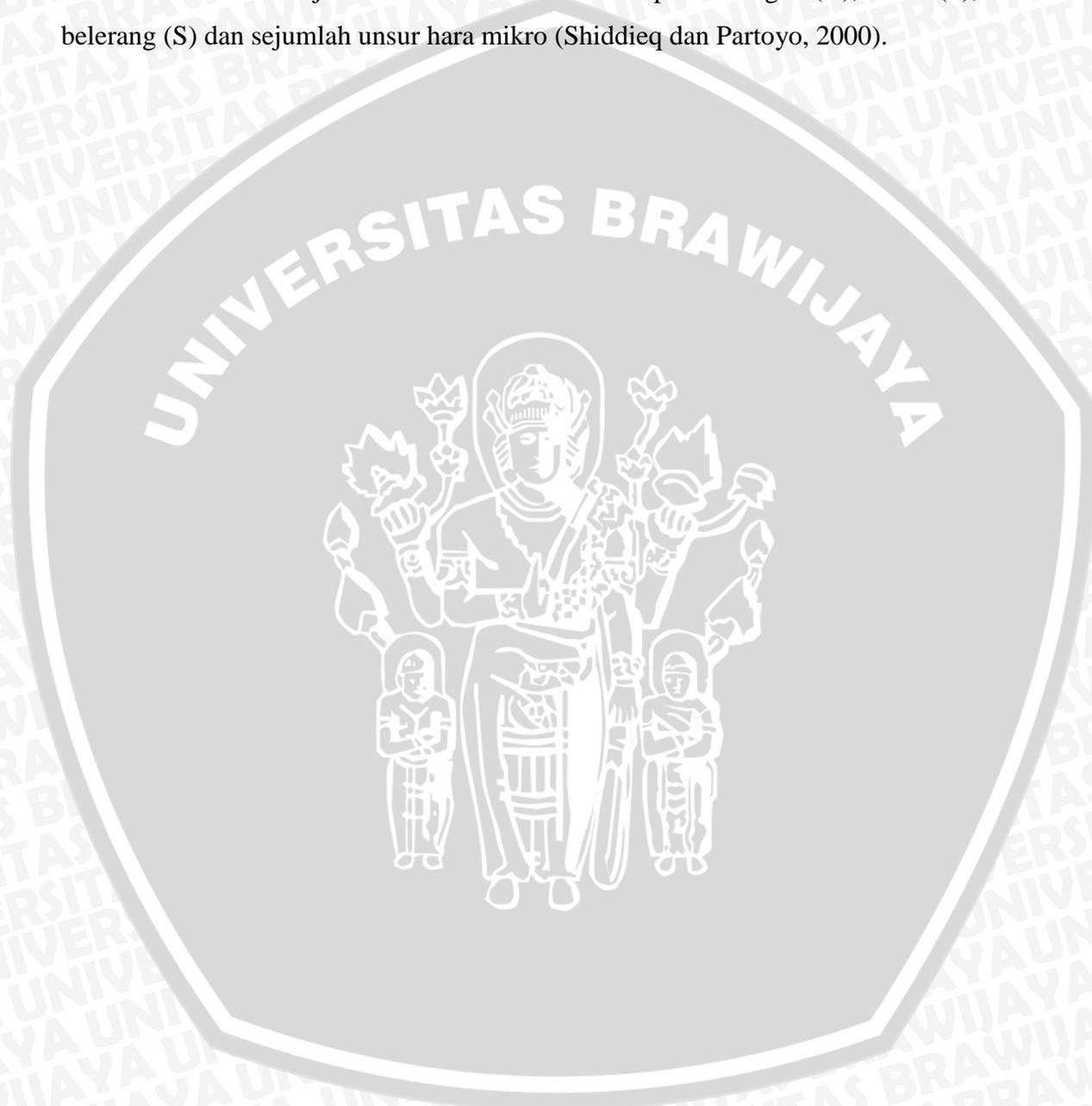
C-organik meningkat maka nilai N-total juga meningkat. N-total tanah menentukan ketersediaan N dalam tanah selain itu juga memiliki hubungan positif yang erat dengan kandungan bahan organik tanah (Rusdiana dan Lubis, 2012).

Pemberian *fly ash* dan bokashi merupakan salah satu upaya pemanfaatan limbah sebagai agen pembenah tanah dalam upaya untuk meningkatkan sifat kimia tanah bekas tambang batubara. Aplikasi perlakuan pada tanaman kedelai juga bertujuan untuk memberikan tambahan bahan organik kedalam tanah agar dapat menyediakan unsur hara dalam tanaman. Menurut Triadi (2013), bahan organik dalam kompos sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroba sehingga mampu meningkatkan aktivitas mikroba dan berdampak positif terhadap proses mineralisasi unsur hara sehingga dapat tersedia. Penambahan bahan organik pada penanaman kedelai dapat meningkatkan populasi *rhizobakteri* di *rhizosfer* kedelai (Grossman, *et al.*, 2011). *Rhizobakteri* yang dapat hidup ditanah masam dengan Al tinggi dapat menghasilkan asam organik yang dapat mengkhelat Al (Li, *et al.*, 2012). Pemberian kombinasi bokashi dan *fly ash* akan mampu memperbaiki sifat kimia tanah bekas tambang.

Menurut Cahyani (2003), pemberian bokashi tidak dapat meningkatkan pH akan tetapi hanya dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Sedangkan pemberian *fly ash* batubara dimaksudkan untuk meningkatkan pH pada tanah masam atau sebagai pengganti kapur. Basu, *et al.*, (2009), *fly ash* dapat dijadikan sebagai pengganti kapur karena memiliki pH alkalin yakni pH 11-12 dan mengandung unsur hara makro dan mikro bagi tanaman. Nilai pH tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah, karena dapat mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah. Tanaman kedelai dapat tumbuh pada pH optimum 6,0-7,0 dan peka pada pH <6,0. Tingkat kepekaan tanaman menunjukkan derajat kebutuhan ameliorasi (pengapuran), semakin peka maka tanaman semakin membutuhkan (Hanafiah, 2012).

Nilai korelasi yang kuat antara dua parameter juga ditunjukkan pada hasil korelasi antara P-tersedia dengan C-organik dengan nilai $r=0,695$ dan P-tersedia dengan N-total dengan nilai $r=0,617$. P-tersedia memiliki hubungan yang positif dengan nilai C-organik dan N-total. Bahan organik berperan meningkatkan daya menahan air (*water holding capacity*), memperbaiki struktur tanah menjadi

gembur, mencegah pengerasan tanah, serta menyangga reaksi tanah dari kemasaman, kebasaaan, dan salinitas (Tisdale *et al.* 1993; Dobermann dan Fairhurst 2000). Di dalam tanah bahan organik akan mengalami degradasi dan mineralisasi sehingga senyawa kompleks akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan sejumlah unsur hara essensial seperti nitrogen (N), fosfat (P), belerang (S) dan sejumlah unsur hara mikro (Shiddieq dan Partoyo, 2000).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan *Fly Ash* dan Bokashi berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun dan waktu munculnya bunga. Perlakuan terbaik yang mampu meningkatkan jumlah daun adalah perlakuan B1F0 sedangkan waktu muncul bunga tercepat pada perlakuan B1F2.
2. Pemanfaatan fly ash batubara dan bokashi sebagai bahan amelioran mampu meningkatkan pH H₂O tertinggi pada perlakuan B1F1 dan perlakuan B1F2 mampu meningkatkan C-organik, N-total, dan P-tersedia, serta mengkhelat unsur Fe dengan nilai Fe-tersedia terendah pada perlakuan B1F1 dan Al-dd tanah yang menjadi tidak tersedia didalam tanah.

5.2. Saran

Penambahan Fly Ash dan Bokashi masih belum berdampak secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai dan sifat kimia tanah bekas tambang batubara. Sehingga masih perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan penambahan Fly Ash dan Bokashi yang tepat serta analisa serapan unsur hara pada jaringan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanto, A.E. 2009. Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran Senyawa Humat, Bahan Organik dan Kapur Terhadap Pertumbuhan Koro Benguk (*Mucuna pruriens*) Pada Lahan Bekas Tambang Batubara Tambang Batulicin Kalimantan Selatan. SP. Skripsi. IPB. Bogor.
- Basu, M., M. Pande., P.B.S. Bhadoria dan S.C. Mahapatra. 2009. Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Progress in Natural Science* 19 (2009): 1173–1186
- Budi, S. dan S. Sasmita. 2015. Ilmu dan Implementasi Kesuburan Tanah. UMM Press.Malang.
- Dewi, L.R. 2013. Pengaruh Bahan Organik dan Trace Elements Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Gula Tanaman Stevia (*Stevia rebaudiana* bertonni M. Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi. Vol 14(1): 26-23.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and IRRI. p. 2- 37.
- Handayanto, E. 1999. Komponen Biologi Tanah Sebagai Bioindikator Kesehatan dan Produktivitas Tanah. Universitas Brawijaya, Malang.
- Hairiah, K. S.R.Utami, B.Lusiana and van Noordwijk M. 2006. Neraca Hara dan Karbon Dalam Sistem Agroforestri. In: Hairiah K, Widiyanto and Lusiana B,eds. WaNuLCAS Model Simulasi Untuk Sistem Agroforestri. Bahan Ajar 6. Bogor, Indonesia. International Centre for Research in Agroforestry, SEA Regional Research Programme (105-123).
- Hanafiah, K.A. 2009. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hanafiah, K.A. 2012. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Handoyo, V.R. Soeparjono, S., Sadiman, I. 2015. Pengaruh Dosis Dolomit Dan Macam Bahan Organik Terhadap Hasil Dan Kualitas Benih Kedelai (*Glycine max* (L) Merr.) . *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): xx-xx
- Hart, B.R., Hayden, D.B., Powell, M. 2003. *Evaluation of Pulverized Fuel Ash Mixedwith Organic Matter to Act as a Manufactured Growth Medium*. International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Kentuky, Lexington, Kentuky, 2003. Paper 119.

- Hidayanto, M., Yossita, F., dan Chary, S. 2014. Optimalisasi Lahan Bekas Penambangan Batubara Untuk Pengembangan Padi Di Kalimantan Timur. 169-174. Dalam Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi. 6-7 Agustus. 2014. Banjarbaru.
- Inam, I. 2007. Response Of Methi to Nitrogen and Fly Ash Supplemented as a source of nutrients. Women's College, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002 U.P., India Volume 26(1): 43-47
- Khalif, U., Sri, R.U dan Zaenal, K. 2014. Pengaruh Penanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Kandungan C dan N Tanah Di Desa Slamparejo, Jabung, Malang. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. Vol. I(1):9-16.
- Kompas. 2015. Penghijauan Lahan Bekas Tambang Batubara. (Diakses pada tanggal 19 April 2016)
- Kurniawan, A.R., Djoni, D.A., Siti, R.U., Nia, R.H., Marsen, A. 2010. Penelitian Pemanfaatan Abu Batubara PLTU Untuk Penimbunan Pada Pra Reklamasi Tambang Batubara. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Maslikha. 2002. Pengaruh Pemberian Pupuk Bokhasi Sekam terhadap Pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max.(L.) Merril*). M.S. Thesis. Universitas Diponegoro, Semarang
- Mulyani, A., dan M. Soekardi. 1998. Karakterisasi tanah dan penataan ruang makro kawasan penambangan batubara di PTBA Ombilin, Sumatera Barat. Hal. 55-72 dalam Prosiding Pembahasan Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bidang Pedologi. Bogor, 10-12 Februari 1998. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Mulyani, M. S. 2002. Pengantar Ilmu Tanah: Terbentuknya Tanah da Tanah Pertanian.
- Novriani. 2010. Alternatif Pengelolaan Unsur Hara P (Fosfor) Pada Budidaya Jagung. Jurnal Agrobisnis, Vol II(3):42-49
- Oklima, A.M.2014. Pemanfaatan Abu Batubara (*Coal Ash*) dan Bahan Humat Sebagai Bahan Amelioran Pada Lahan Reklamasi Bekas Tambang. M.S. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

- Prasetyo, T.B., Syafrimen, dan Edri Yeni. 2010. Pengaruh Pemberian Abu Batubara Sebagai Sumber Silika Pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). *J.Solum* 7(1): 1-6.
- Rusdiana, O dan R.S. Lubis. 2012. Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah terhadap Cadangan Karbon (Carbon Stock) pada Hutan Sekunder. *Jurnal Silvikultur Tropika* Vol. 03 (01):14 – 21.
- Sarawa., M.J.Arma., dan M.Mattola. Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L. Merr) Pada Berbagai Interval Penyiraman Dan Takaran Pupuk Kandang. *Jurnal Agroteknos. Volume* (4)(2) : 78-86.
- Sarkar A, Rano R. 2007. Water Holding Capacities Of flyashes: Effect Of Size Fractionation. *Energy Sources Part A*.29(5):471–82.
- Shiddieq, J. dan Partoyo. 2000. Suatu Pemikiran Mencari Pradigma Baru Dalam Pengelolaan Tanah Yang Ramah Lingkungan. Prosiding. Kongres Nasional VII. HITI. Bandung.
- Sumarno dan Harnoto. 1983. Kedelai dan cara bercocok tanamnya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. *Buletin Teknik* 6:53 hal.
- Sutanto, R. 2000. Penerapan Pertanian Organik. Pemasarakatan danPengembangannya. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Soverda, Nerty dan T. Hermawati. 2009. Respon Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Terhadap Pemberian Berbagai Konsentrasi Pupuk Hayati. *Jurnal Agronomi*, vol.13(1): 6-12
- Syekhfani. 2009. Hubungan Hara Tanah Air dan Tanaman.PMN, Malang.
- Tala'ohu, S.H. dan Irawan. 2014. Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Batubara. 189-213. Dalam Agus et al. (ed) *Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Tanaka, T., Ohyama, T., Maruo, Y.Y., and T. Hayashi. 2002. Coloration Reaction Between NO₂ and Organic Compound In Porous Glass For Cumulative Gas Sensor. *Sensors And Actuators B* 47: 65-69.
- Thetwar LK, Desmukh NC, Jangde AK, et al. Studies on the effects of flyash and plant hormones on soil metabolic activities. *Asian J Chem* 2007;19(5):3515–8.

- Thomas, M.2007. Optimizing The Use of Fly Ash in Concrete. Portland Cement Univ (Diakses di www.cwmnt.org/docs/default-\source/fc_concrete_technology/is548-optimizing-the-use-of-fly-ash-concrete.pdf., pada tanggal 19 Agustus 2016)
- Wardani, S.P.R. 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yustika, RD dan Talaohu, SH. 2006. Bisakah Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Pengembangan Pertanian. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, vol 28 (2).

