



## Peranan Arang Batang Kelapa Sawit dalam Peningkatan Kadar Hara Makro Tanaman Jagung (*Zea mays*, L.).

Syofia Asridawati<sup>1</sup> dan Febrianti<sup>2</sup>

<sup>1\*2</sup> Program Studi Agroteknologi Sekolah Tinggi Teknologi Pelalawan,  
Jl. Lintas Timur KM 28, Desa Simpang Beringin, Kecamatan Bandar Seikijang,  
Kabupaten Pelalawan-Riau, Indonesia)  
Email:febrihalim@yahoo.com

### ABSTRAK

Budidaya tanaman jagung (*Zea mays* L.) membutuhkan nutrisi yang berperan penting dalam produksi jagung, sehingga upaya peningkatan produksi jagung selalu diikuti dengan menggunakan pupuk. Ketersediaan batang kelapa sawit yang melimpah saat penanaman kembali kelapa sawit merupakan peluang untuk memanfaatkan batang kelapa sawit sebagai bahan baku arang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh arang dari batang kelapa sawit terhadap kadar unsur hara makro tanaman jagung. Tanah yang digunakan sebagai media tanam adalah Latosol yang diambil pada kedalaman 0-20 cm. Media tanam diberi arang batang kelapa sawit sebanyak 0%, 4%, 8%, 12%, 16% dan 20% dari berat tanah yang digunakan. Berat tanah yang digunakan adalah 12 kg BKM. Media tanam diberi pupuk dasar nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang diberi perlakuan 20% arang dari batang kelapa sawit meningkatkan kadar hara nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan magnesium (Mg) secara signifikan.

Keyword : Jagung, Arang Batang, Kelapa Sawit, Unsur Makro

### ABSTRACT

The cultivation of corn (*Zea mays* L.) have a good prospect as well as demand of corn going increase mainly for food industry. Nutrients play important role in corn production, so the effort of increasing corn production always followed by using fertilizer. Macro nutrients is one of important factors for improving plant production. Vegetative dan generative phase need macro nutrients. Charcoal is one of soil ameliorants that can be used for improving soil properties such as to stimulate plant growth by providing and maintaining macro nutrients in the soil due to improving soil physical and biological properties. Abundant availability of oil palm trunks when oil palm replanting is an opportunity to utilize oil palm trunks as charcoal raw material. This research aimed to study the effect of charcoal from oil palm trunks on corn macro nutrients content. Soil material was taken from Latosol at a depth of 0-20 cm. The soil material was treated by charcoal from oil palm trunks as much as 0%, 4%, 8%, 12%, 16% and 20% (w/w) of the soil. The soil also was added by basic nitrogen (N), phosphorous (P) and potassium (K) fertilizers and then corn was planted. The results showed that soil treated by 20% of charcoal from oil palm trunks increased significantly nitrogen (N), phosphor (P), potassium (K) and magnesium (Mg).

Key words : charcoal, oil palm trunks, macro nutrients, corn

Syofia Asridawati & Febrianti : Peranan Arang Batang Kelapa Sawit pada Tanaman Jagung

## 1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan kelompok tanaman sereal yang tumbuh hampir di seluruh dunia dan tergolong dalam spesies dan variabilitas genetik yang besar (Andriko dan Sirappa 2012). Upaya peningkatan produksi jagung masih menghadapi berbagai masalah sehingga produksi jagung dalam negeri belum mampu mencukupi kebutuhan nasional (Soerjandono, 2008).

Jagung membutuhkan unsur hara makro dan mikro dalam fase hidupnya. Unsur hara makro merupakan unsur utama yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak pada fase vegetatif dan generatif dari tanaman. Tanaman memerlukan unsur hara makro yang berbeda sesuai dengan fase dari tanaman tersebut (Srivastava, 2002). Pemberian bahan amelioran tanah merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kadar hara makro pada tanaman.

Penggunaan arang sebagai bahan amelioran tanah sudah dilakukan sejak lama oleh masyarakat pada masa lalu di berbagai kawasan. Tanah hitam di daerah Amazon yang disebut sebagai *terra preta* merupakan salah satu bukti tentang pemanfaatan arang. *Terra preta* merupakan tanah buatan yang banyak mengandung senyawa karbon dengan kadar dua puluh kali lebih tinggi dibandingkan tanah mineral lainnya serta mengandung kadar nitrogen dan fosfor tiga kali lebih tinggi (Glaser *et al.* 2002; Lehmann dan Rondon, 2006; Yamato *et al.* 2006).

Pemberian arang pada tanah saat ini sudah banyak diujicobakan untuk budidaya tanaman pangan. *International Rice Research Institute* (IRRI) pada tahun 2007 menguji pemberian arang pada produksi padi gogo di Laos. Pemberian arang sebanyak 4 ton/ha terbukti dapat meningkatkan konduktivitas hidrolis *top soil* atau lapisan permukaan tanah dan meningkatkan hasil gabah padi gogo pada kandungan tanah yang rendah fosfor (P) (Asai *et al.* 2009). Pemberian arang juga dapat meningkatkan respon terhadap

pemberian pupuk dengan kandungan nitrogen (N) (Saito, *et al.* 2006). Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, arang adalah bahan potensial yang dapat diberikan pada lahan-lahan *marginal* untuk meningkatkan kadar hara makro tanah dan tanaman.

Potensi limbah organik yang banyak terdapat di sekitar lingkungan merupakan peluang yang besar sebagai sumber arang. Salah satu potensi limbah yang banyak terdapat di Indonesia adalah batang kelapa sawit yang diperoleh pada saat peremajaan tanaman. Perusahaan kelapa sawit melakukan penebangan pohon kelapa sawit yang sudah tidak produktif atau yang sudah berumur lebih kurang 25 tahun. Pengolahan batang kelapa sawit menjadi arang merupakan salah satu usaha dalam pemanfaatan limbah batang kelapa sawit sebagai sumber bahan amelioran pada lahan pertanian di Indonesia.

## 1. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca *University Farm* Institut Pertanian Bogor, Cikabayan. Percobaan terdiri dari 6 perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali. Perlakuan tersebut terdiri dari: kontrol (0 gram arang/pot percobaan), 4% dari berat tanah (480 gram/ pot percobaan), 8% dari berat tanah (960 gram/ pot percobaan), 12% dari berat tanah (1440 gram/ pot percobaan), 16% dari berat tanah (1920 gram/ pot percobaan), 20% dari berat tanah (2400 gram/ pot percobaan).

Hasil ANOVA kemudian diuji lanjut dengan menggunakan uji Duncans Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5%.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah arang dari batang kelapa sawit, tanah latosol yang diambil dari Cikabayan pada kedalaman 0-20 cm sebagai media tanam, benih jagung varietas *Philippine Supersweet*, pupuk dasar (urea, TSP dan KCl). Alat yang digunakan adalah pot percobaan.

Tanah latosol dikeringudarkan kemudian ditumbuk dan disaring lolos ayakan 2 mm. Setelah itu, tanah sebanyak 12 kg BKM dimasukkan ke dalam pot, kemudian diberi arang sesuai dengan dosis perlakuan. Aplikasi pupuk dasar yaitu pupuk urea, TSP dan KCl masing-masing sebanyak 7,82 g, 3,34 g dan 1,2 g dan dilakukan sebanyak dua kali yaitu 2 minggu sebelum tanam dengan cara mencampurkan pupuk ke dalam tanah sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan. Pemberian pupuk dasar tahap dua dilakukan pada 28 hari setelah tanam (HST).

Penanaman dilakukan setelah tanah yang diberi perlakuan diinkubasi selama 2

minggu. Setiap lubang tanam terdiri dari 2 tanaman jagung. Pemeliharaan tanaman terdiri dari pemberian air dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari dengan mempertahankan kadar air di sekitar kapasitas lapang. Penyiangan untuk menekan pertumbuhan gulma yang mengganggu pertumbuhan tanaman dilakukan setiap saat dengan cara mencabut rumput dengan menggunakan tangan.

Parameter pengamatan terdiri dari: Kadar Nitrogen (N), Kadar Fosfor (P), Kadar Kalium (K), Kadar Kalsium (Ca), Kadar Magnesium (Mg)

menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan kadar hara makro yang diserap tanaman seiring dengan meningkatnya dosis arang batang kelapa sawit yang diberikan.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Hara Tanaman Jagung

Pengaruh arang batang kelapa sawit terhadap kadar hara tanaman jagung disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis

#### 1. Hasil Analisis Kadar Hara Tanaman Jagung

Perlakuan arang/pot percobaan	Unsur Makro				
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
0 gram arang/pot percobaan	1,39a	0,28a	0,67a	1,88a	0,46b
4% dari berat tanah	1,88b	0,31a	1,74b	2,51a	0,17a
8% dari berat tanah	1,90b	0,33a	2,05b	2,29a	0,25ab
12% dari berat tanah	1,85b	0,33a	1,49ab	2,01a	0,09a
16% dari berat tanah	1,98b	0,32a	3,06c	2,19a	0,78c
20% dari berat tanah	2,01b	0,34a	3,44c	1,77a	0,94c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha$  5% berdasarkan uji Duncan. A0 = kontrol atau tanpa arang; A1 = 4% berat tanah; A2 = 8% berat tanah; A3 = 12% berat tanah; A4 = 16% berat tanah; A5 = 20% berat tanah (1% = 120 gram)

#### Kadar Nitrogen (N)

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar N tanaman jagung yang mendapat perlakuan A5 lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan A5 tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A1, A2, A3 dan A4, tetapi berbeda nyata terhadap perlakuan A0. Kadar hara N cenderung meningkat dengan pemberian arang batang kelapa sawit. Pemberian arang batang kelapa sawit mampu meningkatkan

pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. Tanaman jagung yang tidak mendapat perlakuan arang (A0) cenderung mengalami penurunan untuk semua parameter pengamatan. Perlakuan A0 membuat tanaman tumbuh kerdil atau tidak normal seperti tanaman jagung pada umumnya. Ketersediaan N pada awal masa pertumbuhan tanaman sangat diperlukan untuk pembentukan daun tanaman sebagai tempat terjadinya fotosintesis serta proses

metabolisme lainnya yang dilakukan tanaman selama siklus hidupnya.

Kadar N yang diberi perlakuan arang batang kelapa sawit berkisar antara 1,39-2,01%. Meskipun terjadi peningkatan namun nilai ini masih rendah dibandingkan dengan kadar N yang cukup untuk tanaman jagung yaitu 2,70-4,00% (Jones *et al.* 1991). Rendahnya kadar N dapat disebabkan karena tidak semua N dapat ditahan oleh arang sehingga lebih mudah mengalami pencucian ataupun penguapan serta volatilisasi menyebabkan N hilang dan tidak tersedia bagi tanaman.

Pada tanaman jagung nitrogen umumnya diserap dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$ . Di dalam tanaman nitrogen diubah menjadi senyawa yang lebih kompleks dan akhirnya menjadi protein. Protein biasanya berupa enzim dan nukleoprotein yang keduanya dapat berperan sebagai katalisator sehingga sangat berperan dalam proses metabolisme. Nitrogen diperlukan untuk pembentukan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar (Sarief, 1986).

Unsur N pada tanaman berfungsi untuk pertumbuhan vegetatif terutama untuk memperbesar dan mempertinggi tanaman (Yusuf, 2011). Salah satu unsur hara yang meningkat pada saat pemberian arang dari batang kelapa sawit adalah nitrogen. Nitrogen merupakan unsur yang cepat kelihatan pengaruhnya terhadap tanaman. Peran utama unsur ini adalah merangsang pertumbuhan vegetatif dan generatif (Wahid, 2011).

Banyaknya N yang diserap tiap hari persatuan berat tanaman adalah maksimum pada saat masih muda dan berangsur-angsur menurun dengan bertambah usia tanaman. Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam hubungan antara respon tanaman dengan dosis pupuk adalah pada tingkat mana terjadi akumulasi pada tanaman. Akumulasi N terjadi pada pertumbuhan satu bulan setelah masa kritis (Tisdale *et al.* 1985).

### **Kadar Fosfor (P)**

Kadar P dalam tanaman yang cukup untuk jagung adalah sekitar 0,25-0,50% (Jones *et al.* 1991). Kadar P tanaman jagung yang diberi perlakuan arang batang kelapa sawit yaitu 0,28-0,34% tergolong cukup. Fosfor bersama-sama dengan nitrogen dan kalium digolongkan sebagai unsur-unsur utama dalam tanaman. Tanaman mengabsorpsi P dalam bentuk orthofosfat primer,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan sebagian kecil dalam bentuk sekunder  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Absorpsi kedua ion itu oleh tanaman dipengaruhi oleh pH tanah sekitar akar. Pada pH tanah yang rendah absorpsi bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  akan meningkat. Fosfat juga mempercepat masaknya buah jagung. Fosfat yang cukup akan memperbesar pertumbuhan akar (Leiwakabessy *et al.* 2003).

### **Kadar Kalium (K)**

Kadar K yang cukup untuk tanaman jagung berkisar antara 1,70-3,00% (Jones *et al.* 1991). Berdasarkan nilai tersebut terlihat bahwa seluruh perlakuan arang batang kelapa sawit yang diberikan memiliki kadar K yang cukup 1,74-3,44%. Kalium berperan dalam pembantuan pati, mengaktifkan enzim, unsur penyusun jaringan tanaman, pembukaan stomata (mengatur respirasi dan transpirasi), proses fisiologis dalam tanaman, proses metabolisme dalam sel serta mempengaruhi penyerapan unsur-unsur lain (Hardjowigeno, 2003).

Unsur hara N, P dan K adalah hara esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah besar untuk memenuhi proses fisiologi dan metabolisme tanaman. Bila unsur hara N P dan K tersedia dalam jumlah terbatas dalam tanah maka akan menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Penyerapan hara oleh tanaman sifatnya selektif dan spesifik, yaitu tanaman hanya menyerap hara yang dibutuhkan dan sesuai dengan fungsi berdasarkan umur pertumbuhan tanaman (Marschner, 1995).

### **Kadar Kalsium (Ca)**

Kadar Ca yang cukup untuk tanaman jagung berkisar antara 0,21-1,00% (Jones *et al.* 1991). Berdasarkan nilai tersebut kadar Ca tanaman jagung yang diberi perlakuan arang dari batang kelapa sawit tergolong tinggi yaitu berkisar 1,77-2,51%. Kalsium diambil tanaman dalam bentuk  $Ca^{2+}$ . Kalsium diduga penting dalam pembentukan dan peningkatan kadar protein di dalam mitokondria. Tanpa kalsium di dalam tanaman maka akan menghambat pemanjangan akar tanaman (Leiwakabessy *et al.* 2003).

### **Kadar Magnesium (Mg)**

Kadar Mg yang cukup untuk tanaman jagung berkisar antara 0,20-1,00% (Jones *et al.* 1991). Kadar Mg tanaman jagung yang diberi perlakuan arang batang kelapa sawit yaitu 0,17-0,94% tergolong cukup. Magnesium diserap dalam bentuk ion  $Mg^{2+}$  oleh tanaman dan merupakan unsur hara yang berfungsi dalam menyusun klorofil (Hardjowigeno, 2003). Walaupun sebagian besar magnesium dijumpai dalam klorofil, tetapi Mg cukup banyak dijumpai di dalam biji. Magnesium diduga mempunyai hubungan dengan metabolisme fosfat dan juga memegang peranan khusus dalam mengaktifkan beberapa sistem enzim. Magnesium juga berperan dalam sintesa protein dan mendorong pembentukan rantai *polipeptida* dari asam-asam amino. Oleh sebab itu, kekurangan Mg mengakibatkan jumlah N-protein menurun (Leiwakabessy *et al.* 2003).

Secara umum unsur hara diserap terutama oleh sel-sel *rizoderm*, khususnya rambut akar (Leclerc, 2003). Pada bagian akar, kegiatan respirasi intensif diperlukan dalam proses penyerapan hara melalui transport aktif. Kemampuan tanaman mengabsorpsi baik air ataupun unsur hara berkaitan dengan kapasitasnya untuk mengembangkan sistem perakarannya secara lebih luas (Taiz dan Zeiger, 1991). Pemberian arang mampu meningkatkan kemampuan akar menjadi lebih optimal karena sifat arang yang *porous*. Selain itu, sifat arang yang higroskopis membuat hara dalam tanah tidak mudah tercuci sehingga

pemanfaatan hara oleh akar tanaman bisa lebih efisien untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Lehmann dan Joseph, 2009).

Tanaman memerlukan sejumlah unsur hara dalam takaran cukup, seimbang dan berkesinambungan untuk terus tumbuh dan berkembang menyelesaikan daur hidupnya. Tanaman mengabsorpsi hara mineral dan air dari tanah,  $CO_2$  dari udara untuk kegiatan fotosintesis, kemudian mengangkut asimilat yang akan digunakan untuk pertumbuhan dan sebagian asimilat tersebut disimpan sebagai cadangan makanan (karbohidrat, protein dan lemak), maupun digunakan dalam fase reproduksi (Srivastava, 2002). Sumber unsur hara tanaman diperoleh melalui: a) atmosfer yang masuk melalui dedaunan dan batang; b) ion-ion yang dapat ditukar pada permukaan tekstur liat dan humus; c) mineral terlapuk (Mas'ud, 1992).

Analisis jaringan tanaman dibutuhkan untuk mengetahui hubungan antara pertumbuhan tanaman atau hasil dengan konsentrasi hara mineral dalam jaringannya. Apabila konsentrasi hara mineral dalam jaringan rendah, maka pertumbuhan menurun. Pada zona defisiensi (*deficiency zone*), peningkatan ketersediaan hara mineral secara langsung berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan atau hasil. Apabila ketersediaan hara mineral secara kontinyu meningkat, tidak selamanya berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan atau hasil, tetapi akan meningkatkan konsentrasi hara dalam jaringan, daerah tersebut terkenal dengan zona berkecukupan (*adequate zone*). Transisi antara daerah defisiensi dan *adequate* disebut dengan konsentrasi kritis (*critical concentration*) dari hara mineral yang dapat diartikan sebagai kandungan hara minimum dalam jaringan yang berhubungan dengan pertumbuhan atau hasil maksimal. Setelah konsentrasi kritis menuju zona *adequate* terjadi peningkatan pertumbuhan atau hasil yang menyebabkan menurunnya konsentrasi hara dalam jaringan. Bila konsentrasi hara dalam jaringan meningkat setelah zona *adequate*,

pertumbuhan atau hasil menurun dan hal ini disebabkan adanya keracunan hara yang disebut dengan zona meracun (*toxic zone*) (Graham dan Stangoulis, 2003).

Siklus dan penggunaan nutrisi dari pupuk organik telah memberikan kontribusi pasti tentang penggunaan lahan dan pengembangan produksi pertanian yang berkelanjutan. Hasil penelitian kombinasi aplikasi pupuk organik dan anorganik telah dilakukan oleh Oad *et al.* (2004) terbukti nyata meningkatkan produksi tanaman jagung. Tanaman menyerap setiap jenis unsur hara dalam bentuk ion positif dan ion negatif yang terlarut didalam tanah (Foth, 1988 dalam Leiwakabessy *et al.* 2003). Hara mineral dikelompokkan menjadi hara makro dan mikro, bergantung pada kondisi relatif dalam jaringan tumbuhan. Nilai rata-rata konsentrasi hara mineral pada jaringan tumbuhan menunjukkan perbedaan jumlah kebutuhan hara mineral tersebut.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Siregar (2005) menyatakan bahwa arang kayu dapat berperan dalam konservasi lingkungan sebagai bahan amelioran yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Teknik aplikasi arang kayu dapat dipergunakan untuk memperbaiki kondisi tanah pada pembangunan hutan tanaman ataupun penyediaan bibit. Menurut Dahlan dan Dwiani (2007), sumber dan komposisi bahan arang yang berbeda akan menyebabkan kemampuan penyediaan fosfor dan kalium tanah berbeda pula.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriko, N.S., dan Sirappa, M.P. 2005. Prospek dan strategi pengembangan jagung untuk mendukung ketahanan pangan di Maluku. *Jurnal Litbang Pertanian* 24 (2).
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., and Horie, T. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Elsevier*. 111:81-84.

Arang kayu memiliki pH yang bersifat alkalis selain itu mempunyai kandungan hara P dan K yang tinggi. Astika (2003) melaporkan bahwa pada media tanah baik sebelum atau sesudah ditambah pupuk NPK memiliki pH sebesar 4,3 sedangkan pH pada media tanah yang dicampur arang sekam sebesar 4,4 dan 4,6. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan pH media sebesar 0,1-0,3. Pada penelitian ini, terjadi peningkatan pH pada media tanam yang diberi perlakuan arang batang kelapa sawit sebesar 0,5, dimana pH tanah awal yang semula 5,2 meningkat menjadi 5,7.

Arang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai penyerap dan pelepas unsur hara karena memiliki luas permukaan yang sangat besar, relatif sama dengan koloid tanah. Hasil penelitian Siregar (2005) mengenai pemanfaatan arang untuk memperbaiki kesuburan tanah dan pertumbuhan *Acacia mangium* pada dosis 10% mampu memperbaiki ketersediaan hara tanah dan juga berpengaruh secara nyata memperbaiki pertumbuhan tanaman.

#### 3. SIMPULAN

Pemberian Pemberian arang batang kelapa sawit perlakuan A5: 20% dari berat tanah (2400 gram/ pot percobaan) dapat meningkatkan kadar hara makro N, P, K dan Mg pada tanaman jagung dibandingkan perlakuan lainnya yang diberikan.

Astika, G. 2003. Pengaruh media arang sekam terhadap pertumbuhan semai *Ficus callosa* Willd. Skripsi. Departemen manajemen hutan. Fakultas kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. [Tidak dipublikasikan].

Dahlan, M., dan Dwiani, N.W. 2007. Potensi Arang (Charcoal) sebagai bahan pupuk dan bahan pembenah tanah (soil amendemen). Jurusan Ilmu Tanah Fakultas pertanian Unram. Mataram.

- Foth, H.D. 1988. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Ed. ke-9. Purbayanti E.D., Lukiwati D.R., Trimulatsih, R., penerjemah: Hudoyo, S.A.B. Terjemahan dari: *Fundamentals of Soil Science*. Gajah Mada University Perss. Yogyakarta.
- Glaser, B., Lehmann, J., and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with bio char. A review. *Biology and Fertility of Soils*. 35:219-230.
- Graham, R.D., and Stangoulis, C.J.R. 2003. Trace element uptake and distribution in plant. *Nutr*. 133:150-155.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademi Presindo. Jakarta.
- Jones, J. B., Wolf, B., and Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Macro-Micro Publishing, Inc. Georgia.
- Leclerc, J.C. 2003. *Plant Ecophysiology*. Science Publisher. New Hampshire.
- Lehmann, J., and Rondon, M. 2006. Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: Uphoff, N., Ball, A.S., Palm, C., Fernandes, E., Pretty, J., Herren, H., Sanchez, P., Husson, O., Sanginga, N., Laing, M., and Thies, J. *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press. Boca Raton. FL. p.517-530.
- Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. *Biochar for environmental management*. Science and Technology. Earthscan Ltd. London. UK.
- Leiwakabessy, F.M., Wahyudin, U.M., dan Suwarno. 2003. *Kesuburan Tanah*. Bogor. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press.
- Mas'ud, P. 1992. *Telaah Kesuburan Tanah*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Oad, F.C., Buriro, U.A., dan Agha, S.K. 2004. Effect of organic and inorganic fertilizer application on maize fodder production. *Asian J Plant Sci*. 26:1591-1601.
- Saito, S., Okamoto, M., Shinoda, S., Kushiro, T., Koshiba, T., Kamiya, Y., Hirai, N., Todoroki, Y., Sakata, K., Nambara, E., and Mizutani. 2006. A plant growth retardant, uniconazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in Arabidopsis. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 70(7):1731-1739.
- Sarief, S. 1986. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung.
- Siregar, C.A. 2005. Pemanfaatan Arang untuk Memperbaiki Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan *Acacia mangium*. Prosiding Ekspose Hasil Litbang Hutan dan Konservasi Alam. p.15-23.
- Soerjandono, N. B. 2008. Teknik Produksi Jagung Anjuran di Lokasi Peima Tani Kabupaten Sumenep. *Buletin Teknik Pertanian*.
- Srivastava, L.M. 2002. *Plant Growth and Development; Hormones and Environment*. Academic Press. London.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 1991. *Plant Physiology*. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., and Beaton, D.J. 1985. *Soil Fertility and Fertilizer*. 4<sup>th</sup> Ed. Publ. Co. New York.
- Wahid, A. Peranan Pupuk NPK pada Tanaman Padi. <http://agritek/ppua0160pdf>. (Diakses 22 Juni 2019).
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshiori, S., and Ogawa, M. 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatera, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*. 52:489-495.
- Yusuf, T. 2011. Unsur Hara dan Fungsinya. <http://tohariyusuf.wordpress.com/>. (Diakses 22 Juni 2019).