

Pengaruh Limbah Padat Pabrik Kertas Rokok Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Tambunan A

Effect Of Solid Waste Cigarette Paper Factory of Some Soil Chemical Properties Ultisol Tambunan A

Melina Vika, Kemala Sari Lubis*, M.Madjid B. Damanik
Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan 20155
*Corresponding author : kemalasari318@yahoo.co.id

ABSTRACT

Solid waste of cigarette paper factory does not contain hazard and toxic materials but contain CaCO_3 as a lime material. The research of was conducted to study effect of application of solid waste from the cigarette paper factory to improve soil properties at Ultisol Tambunan A. This research was conducted at the Laboratory of Soil Physics, Agriculture Faculty and analytic laboratory of socfindo company from May until June 2016. The research used non factorial completely randomized design consist (CRD) of four (4) treatment solid waste (cigarette paper factory) and five (5) replications, there are: L_0 (control), L_1 (0,4 g), L_2 (0,6 g), and L_3 (0,8 g). The results showed that the application of solid waste from cigarette paper significantly increase soil pH, P-available, Ca-exchangeable but not significantly increase K-exchangeable and organic carbon of Ultisol. Application of solid waste from cigarette paper significantly decrease Al-exchangeable and no significantly decrease Al-saturated of Ultisol.

Keyword : Solid waste of cigarette paper, Ultisol

ABSTRAK

Limbah padat pabrik kertas rokok tidak mengandung bahan berbahaya dan beracun tetapi mengandung CaCO_3 berpotensi sebagai bahan pengapuran. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok terhadap perbaikan sifat kimia tanah Ultisol Tambunan A. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah dan laboratorium analitik PT. Socfindo mulai Mei - Juni 2016. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Non Faktorial yang terdiri dari 4 perlakuan limbah padat (pabrik kertas rokok) dan 5 ulangan yaitu L_0 (kontrol), L_1 (0,4 g), L_2 (0,6 g), dan L_3 (0,8 g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pemberian limbah padat kertas rokok berpengaruh nyata meningkatkan pH tanah, P-tersedia, Ca-tukar tetapi tidak berpengaruh meningkatkan K-tukar dan C-Organik tanah. Aplikasi limbah padat kertas rokok berpengaruh nyata menurunkan Al-tukar tanah dan berpengaruh tidak nyata menurunkan Kejenuhan Al.

Kata Kunci : Limbah padat pabrik kertas rokok, Ultisol Tambunan A

PENDAHULUAN

Ultisol salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran yang luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia di Sumatera 9.469.000 ha (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Tanah Ultisol memiliki bahan organik rendah, nutrisi makro rendah dan memiliki

ketersediaan P sangat rendah (Fitriatin *et al.*, 2014). pH tanah sangat rendah 4-5,5 serta mempunyai nilai kejenuhan Al yang tinggi yaitu $> 60\%$ (Darwawijaya, 1997). Kandungan Al menimbulkan problem pada tanah masam, karena dapat menghambat ketersediaan zat hara yang diperlukan tanaman (Kuswandi, 1993). Rekomendasi kebutuhan kapur berdasarkan Al-dd ini didasarkan pada

kejenuhan Al yang meracun dan sangat berkaitan dengan tingginya Al-dd pada tanah-tanah mineral masam di tanah tropik (Damanik *et al.*, 2011).

Pabrik Kertas Rokok PT. Pusaka Prima Mandiri adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri bahan jadi berupa kertas pembungkus rokok. Dalam proses pembuatan kertas pembungkus rokok tersebut dihasilkan limbah padat kertas yang cukup sebesar 5 ton/bulan. Jumlah limbah tersebut menjadi masalah bagi perusahaan dalam hal penanganan terutama penempatan akhir. Saat ini mekanisme penanganan limbah padat masih terbatas yaitu dengan mengirim limbah dalam bentuk kemasan goni yang dikirim ke beberapa lokasi terutama di pulau Jawa. Berdasarkan masalah diatas peneliti tertarik memanfaatkan limbah padat pabrik kertas pembungkus rokok tersebut dan mengaplikasikannya pada tanah Ultisol Tambunan A yang memiliki Al-dd tanah 1,6 me/100 g tanah dengan pH 4,5. Aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok diharapkan mampu meningkatkan pH tanah dan menurunkan Al-dd tanah Ultisol Tambunan A.

Hasil aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok meningkatkan pH tanah, Al-dd tanah, Ca-tukar tanah, dan P-tersedia tanah, tetapi tidak meningkatkan K-tukar tanah dan C-organik tanah. Aplikasi limbah padat pabrik

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan dan di Laboratorium Analitik PT. Socfindo dari bulan Mei sampai bulan Juni 2016.

Bahan yang digunakan yaitu tanah Ultisol Desa Tambunan A Kecamatan Salapian Kabupaten Langkat, limbah padat pabrik kertas rokok, aquades dan bahan kimia untuk keperluan analisis. Alat yang digunakan yaitu pot, pH meter, timbangan analitik, buret, pengaduk, oven, batang pengaduk dan sejumlah alat di laboratorium untuk analisis.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Non Faktorial dengan taraf limbah padat berdasarkan kandungan aluminium dapat tukar (Al-dd) dengan tanah, terdiri dari 4 taraf dosis (g/500 g BTKO) yaitu: L₀ (0), L₁ (0,4), L₂ (0,6), L₃ (0,8)

Hasil sidik ragam dilanjutkan dengan uji DMRT ((Duncan Multiple Range Test) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

kertas rokok menurunkan Al-dd tanah tetapi tidak menurunkan kejenuhan Al tanah Ultisol Tambunan A. Hasil Uji Beda Rataan pengaruh aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Aplikasi Limbah Padat Pabrik Kertas Rokok terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Tambunan A

Perlakuan	pH tanah	Al-dd Tanah (me/100g)	P-tersedia Tanah (ppm)	Ca-tukar Tanah (me/100g)	K-tukar Tanah (me/100g)	C-Organik Tanah (%)	Kejenuhan Al Tanah (%)
L ₀ (0 g)	4,518 c	1,827 a	9,146 ab	0,408 b	0,290	0,882	12,869
L ₁ (0,4 g)	4,564 bc	0,806 b	5,463 c	0,808 b	0,300	0,93	11,244
L ₂ (0,6 g)	4,812 a	1,094 ab	7,055 bc	1,508 b	0,276	0,844	11,740
L ₃ (0,8 g)	4,760 ab	0,428 b	11,034 a	3,2 a	0,286	0,9	11,320

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Kemasaman Tanah (pH)

Berdasarkan hasil uji beda rata-rata pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok pada taraf L₀ (0 g) tidak berbeda nyata dengan taraf L₁ (0,4 g) tetapi berbeda nyata dengan taraf L₂ (0,6 g) dan L₃ (0,8 g). Taraf L₁ (0,4 g) berbeda nyata dengan L₂ (0,6 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan L₃ (0,8 g), sedangkan L₂ (0,6 g) tidak berbeda nyata dengan L₃ (0,8 g). Ketersediaan nutrisi tanaman sangat berkaitan dengan pH tanah. Berdasarkan tabel diketahui bahwa pemberian limbah padat pabrik kertas rokok berpengaruh nyata dalam meningkatkan pH tanah, dimana pH tertinggi pada taraf L₂ (4,812) dan terendah pada taraf L₀ (4,518). Analisa awal limbah padat kertas rokok yaitu CaCO₃ limbah tersebut 70,81 % dan pH awal tanah Ultisol 4,51. Tingginya kandungan utama limbah yaitu CaCO₃ berpotensi memperbaiki beberapa sifat kimia tanah dalam mengatasi masalah kemasaman tanah akibat tingginya Al³⁺. Berdasarkan dinamika pH tanah, kenaikan pH tanah Ultisol disebabkan kandungan unsur hara Ca dalam limbah padat kertas rokok selama proses inkubasi. Kandungan Ca²⁺ dalam limbah mengakibatkan ion Ca aktif bertukar tempat dengan ion hidrogen dalam kompleks pertukaran. Ion hidrogen yang berasal dari larutan tanah dinetralkan oleh ion Ca²⁺, sehingga perubahan pH yang terjadi hanya sedikit. Menurut Torkashvan (2010), limbah kertas pabrik menyebabkan pH tanah meningkat selama waktu inkubasi tetapi tidak meningkat melebihi pH 8,5. Berdasarkan Rastija *et al.* (2014), nilai pH tanah menunjukkan respon yang berbeda meskipun jumlah bahan kapur sama. Kelarutan dan ketersediaan nutrisi sangat tergantung pada pH tanah.

Aluminium Dapat Dipertukarkan Tanah

Berdasarkan hasil uji beda rata-rata pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok pada taraf L₀ (0 g) berbeda nyata dengan taraf L₁ (0,4 g) dan L₃ (0,8 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan taraf

L₂ (0,6 g). Taraf L₁ (0,4 g) tidak berbeda nyata dengan taraf L₂ (0,6 g) dan L₃ (0,8 g). Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok berpengaruh nyata dalam menurunkan Al-dd tanah, dimana Al-dd tertinggi pada taraf L₀ (1,827 me/100 g) dan terendah pada taraf L₃ (0,428 me/100 g). Kandungan Al-dd menurun dikarenakan pH tanah meningkat, limbah padat yang dihasilkan oleh industri kertas rokok yang mengandung Ca²⁺ dapat mengadsorpsi Al³⁺ pada tanah Ultisol. Limbah padat kertas rokok berpotensi mengurangi resiko keracunan aluminium (Al) yaitu netralisasi aluminium. Berdasarkan Damanik *et al.* (2011), ion CO₃²⁻ dari kapur dibutuhkan untuk menghasilkan OH yang dapat menarik Al dari misel (kompleks jerapan), sehingga terbentuk Al(OH)₃ yang tidak aktif. Setelah itu, ion Ca²⁺ dapat menempati misel. Pada reaksi tersebut CO₃²⁻ dari kapur mempunyai kekuatan untuk menarik ion H⁺ dan membentuk H₂CO₃, misel yang telah bebas dari ion H segera ditempati oleh ion Ca²⁺. Berdasarkan Dedik *and* Jan (1998), jumlah Al tukar menurun secara drastis dengan penambahan CaCO₃ dari 2,43 me/100 g menjadi 2,03 me/100 g. Oleh sebab itu, pengapuran untuk menekan toksisitas Al.

Fosfat Tersedia Tanah

Berdasarkan hasil uji beda rata-rata pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok pada taraf L₀ (0 g) berbeda nyata pada taraf L₁ (0,4 g) tetapi tidak berbeda nyata dengan taraf L₂ (0,6 g) dan L₃ (0,8 g). Taraf L₁ (0,4 g) berbeda nyata dengan taraf L₀ (0 g) dan L₃ (0,8 g) namun tidak berbeda nyata pada taraf L₂ (0,6 g). Taraf L₂ (0,6 g) berbeda nyata dengan taraf L₃ (0,8 g). Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok menunjukkan pengaruh nyata terhadap peningkatan P-tersedia tanah dimana P-tersedia tertinggi pada taraf L₃ (11,034 ppm) dan terendah pada taraf L₁ (5,463 ppm). Hal ini dikarenakan pengaruh P terhadap peningkatan pH tanah karena pelepasan sejumlah ion OH⁻ ke dalam larutan akibat adsorpsi sebagian anion fosfat (H₂PO₄⁻). Jenis P-tersedia yang mendominasi pada

tanah masam yaitu H_2PO_4^- . Oleh sebab itu, meningkatnya P-tersedia masih dalam kriteria rendah. Adanya pelarutan P dari Fe-P dan Al-P yang dapat mengurangi konsentrasi H^+ dapat meningkatkan ketersediaan P tanah Ultisol. Selain itu, ion Ca^{2+} yang terkandung dalam limbah padat pabrik kertas rokok akan menggantikan ion H^+ dan Al^{3+} pada kompleks adsorpsi, maka konsentrasi ion H^+ meningkat. Berdasarkan Kaya (2012), Ion H^+ akan tersuspensi dengan senyawa FePO_4 dan AlPO_4 sehingga H_2PO_4^- tersedia dalam larutan tanah. Peningkatan pH tanah karena adanya pelepasan sejumlah OH^- ke dalam larutan akibat adsorpsi sebagian anion fosfat (H_2PO_4^-) oleh oksida-hidrat Al dan Fe sehingga pH tanah meningkat. Menurut Torkashvand (2010), Limbah pabrik kertas adalah senyawa kapur dengan pH tinggi yang awalnya meningkatkan pH tanah, adanya kapasitas penyangga tanah menyebabkan pH tanah meningkat sewaktu inkubasi. Efek dari pH tanah dan waktu inkubasi secara significant dapat meningkatkan pH tanah dikarenakan aplikasi kapur menyebabkan beberapa pelarutan P dari Fe-P dan Al-P kompleks sehingga meningkatkan ketersediaan P.

Kalsium tukar Tanah

Berdasarkan hasil uji beda rata-rata pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok pada taraf L_0 (0 g) tidak berbeda nyata dengan taraf L_1 (0,4 g) dan L_2 (0,6 g) tetapi berbeda nyata pada taraf L_3 (0,8 g). Kalsium tukar tanah maksimum yaitu pada taraf L_3 (3,2 me/100 g) dan terendah pada taraf L_0 (0,408 me/100 g). Hal ini terjadi karena adanya reaksi pertukaran antara Ca^{2+} dan H^+ maka semakin tinggi pH tanah, Ca-tukar tanah semakin akan meningkat berdasarkan Nduwumuremyi *et al.* (2013), dengan penambahan kapur (CaCO_3) meningkatkan Ca-tukar tanah 68 % di tanah asam. Sebagian besar Ca berada dalam bentuk larut, namun Ca-tukar berkurang dengan menurunnya pH tanah. Torkashvand (2010), hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh limbah padat pabrik kertas sebagai amandemen tanah yaitu sludge yang

inkubasikan pada tanah masam sebagai sumber kapur untuk meningkatkan pH tanah. Berdasarkan Dedik *and* Jan (1998) menunjukkan tingkat CaCO_3 3,6 ton/ha dapat meningkatkan pH dan menurunkan Al tukar dan kejenuhan Al hingga dibawah 10 %. Hal ini membuktikan kapasitas tukar kation yang efektif secara signifikan meningkat ketika pH tanah naik.

Kalium tukar Tanah

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok tertinggi pada taraf L_1 (0,3 me/100 g) dan terendah pada taraf L_2 (0,276 me/100 g). Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok berpengaruh tidak nyata terhadap K-tukar tanah dengan taraf tertinggi L_1 (0,3 me/100 g) sedangkan taraf terendah L_2 (0,276 me/100g). Hal ini karena tidak dipengaruhi oleh pengapuran. Adanya fiksasi kalium yang tinggi di dalam tanah sebagai kendala dalam ketersediaan kalium. Kadar K rendah dengan bahan induknya miskin K dan temperatur yang tinggi dapat mempercepat pelepasan mineral dan pencucian K di tanah tropik. Rendahnya K-tukar tanah dikarenakan hanya tersedia 1-2% dari seluruh jumlah unsur kalium dalam tanah mineral, berada dalam kesetimbangan dalam bentuk larutan yang dapat diserap tanaman dan peka terhadap pencucian. Damanik, *et al.* (2011) menyatakan kalium dapat diserap oleh tanaman dan peka terhadap pencucian. Serapan kalium dari larutan hara menyebabkan keseimbangan terganggu, dimana bentuk keseimbangan yaitu K-dapat diertukarkan bereaksi setimbang dengan K-larutan tanah. Untuk mengembalikan keseimbangan tersebut, sebagian dari kalium dapat ditukar segera bergerak ke dalam larutan tanah sehingga keseimbangan semula tercipta. Berdasarkan Nduwumuremyi *et al.* (2013), kalium tidak signifikan apabila dipengaruhi oleh aplikasi kapur. Berdasarkan Winarso (2005) dan Hasibuan (2004), tanah dengan kondisi masam (pH rendah) mempunyai gugus antar lapisan yang mendesak lapisan menjadi terpisah. Fiksasi kalium yang tinggi di dalam tanah merupakan salah satu kendala dalam

usaha meningkatkan ketersediaan kalium di dalam tanah.

Karbon Organik Tanah

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan limbah padat pabrik kertas rokok tertinggi pada perlakuan L_1 (0,4 g) dengan rata-rata 0,93 % dibandingkan perlakuan lainnya dan perlakuan terendah pada perlakuan L_2 (0,6 g) dengan rata-rata 0,844 %. Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok berpengaruh tidak nyata dalam meningkatkan C-organik tanah dengan taraf tertinggi L_1 (0,93 %) dan taraf terendah L_2 (0,844 %). Hal ini disebabkan karena rendahnya analisa awal C-organik limbah padat pabrik kertas rokok yaitu 14,84 % tidak mendukung potensi peningkatan C-organik tanah. Limbah padat pabrik kertas rokok didominasi CaCO_3 yang tinggi, meskipun limbah padat pabrik kertas rokok tersebut berasal dari serat selulosa yang termasuk bahan organik. Hal ini membuktikan bahwa limbah padat pabrik kertas rokok berpengaruh tidak nyata meningkatkan C-organik tanah. Oleh sebab itu, limbah pabrik kertas rokok sebagai kapur dan bukan sebagai bahan organik. Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok berupa kapur bertujuan untuk meningkatkan pH tanah dari sangat masam atau masam ke pH agak netral atau netral, serta menurunkan kadar Al. Pengapuran tampaknya akan dapat mengatasi masalah kejenuhan Al dan keasaman pada Ultisol. Pemberian kapur selain meningkatkan pH tanah juga dapat meningkatkan kadar Kalsium (Ca). Hal ini yang menyebabkan bahwa dengan pemberian kapur tidak meningkatkan C-organik tanah. Supriyanto (2001) menjelaskan bahwa serat selulosa adalah bahan organik yang dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah dengan kalsium karbonat (CaCO_3) yang cukup tinggi.

Kejenuhan Al Tanah

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa pengaruh aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok tertinggi pada taraf L_0 (12,869 %) dibandingkan perlakuan lainnya dan terendah pada taraf L_2 (11,244 %). Pemberian limbah padat pabrik kertas rokok

berpengaruh tidak nyata terhadap penurunan kejenuhan Al dengan taraf tertinggi L_0 (12,869 %) dan taraf terendah L_1 (11,244 %). Peningkatan pH tanah Ultisol masih dalam kriteria masam yang disebabkan kemampuan Al^{3+} cukup tinggi yang dapat menyebabkan fitotoksisitas dan pengaruh sisa asam dari bahan kapur membuktikan limbah padat pabrik kertas rokok tidak berpengaruh terhadap penurunan kejenuhan Al. Berdasarkan Nduwumuremyi *et al.* (2013), kejenuhan basa rendah (<25%) merupakan indikasi dari tanah yang memiliki keasaman yang tinggi dan mengakibatkan kemampuan Al^{3+} cukup tinggi dapat menyebabkan fitotoksisitas. Kapur di aplikasi pada tingkat dosis yang terendah 4,2 ton/ha dan 2,8 ton/ha dapat mengurangi kejenuhan Al. Berdasarkan Chimdi *et al.* (2012), penerapan kapur pertanian ke dalam tanah memberikan kontribusi untuk mengurangi keasaman yang melekat pada tanah melalui kemampuannya untuk menetralkan keasaman.

SIMPULAN

Aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok meningkatkan pH, P-tersedia dan Ca-tukar tanah namun tidak meningkatkan K-tukar dan C-organik tanah Ultisol Tambunan A.

Aplikasi limbah padat pabrik kertas rokok menurunkan Al-dd tanah dan tidak menurunkan kejenuhan Al tanah Ultisol Tambunan A.

DAFTAR PUSTAKA

- Chimdi, A., H. Gebrekidan., K. Kibret and A.Tadesse.2012.Effects of Liming on Acidity-Related Chemical Properties of Soils of Different Land Use Systems in Western Oromia, Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences* 8 (6): 560-567.
- Damanik,M.M.B.,B.E Hasibuan.,Fauzi, Sarifuddin, dan H.Hanum.2011. Kesuburan Tanah dan

- Pemupukan.USUpress.Universitas Sumatera Utara.Medan
- Darwawijaya,M.I.1997.Klasifikasi Tanah.Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Dedik,B and V.Jan.1998.Exchangeable Aluminium as an Indicator for Lime Requirement Prediction in a Humid Tropic Ultisol L'aluminium exchangeable Comme Indicateur Pour La Prediction des besoins en chaux dans un Ultisol en Milieu Tropical Humide.Sriwijaya University and University of Ghent.1-6.
- Fitriatin, B. N., A. Yuniarti., T. Turmuktini., dan F. K. Ruswandi. 2014. The Effect of Phosphate Solubilizing Microbe Producing Growth Regulators on Soil Phosphate, Growth and Yield of Maize and Fertilizer Efficiency on Ultisol. *Eurasian J. of Soil Sci.* Indonesia. 101-107.
- Hasibuan, B.E., 2004.Pupuk dan Pemupukan.Fakultas Pertanian.Univesitas Sumatera Utara,Medan.77.
- Kaya, E. 2012. Pengaruh Pupuk Kalium dan Fosfat Terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfat Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*) Pada Tanah Brunizem. Skripsi Universitas Pattimura, Ambon.
- Kuswandi. 1993. Pengapuran Tanah Pertanian. Kanisius. Yogyakarta.
- Nduwumuremyi,A.,V.Ruganzu.,J.N.Mugwe and A.C.Rusanganwa.2013.Effects of Urburned Lime on Soil pH and Base Cations in Acidic Soil.Kenyatta University.Vol.2013.1-7pages.
- Prasetyo. B. H. dan D. A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Lahan Kering di Indonesia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdeaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Rastija, D., V.Zebec and M. Rastija.2014. Impacts Of Liming With Dolomite On Soil Ph And Phosphorus And Potassium Availabilities. Faculty of Agriculture in Osijek, University.
- Supriyanto, A. 2001. Aplikasi Wastewater Sludge untuk Proses Pengomposan Serbuk Gergaji. [http://sinergyforum.net/zoa/paper/html/paper Agus Supriyanto.htm](http://sinergyforum.net/zoa/paper/html/paper%20Agus%20Supriyanto.htm) (diakses 28 Agustus 2009).
- Torkashvand , M.A.2010.The effect of paper mill sludge on chemical properties of acid soil. *African Journal of Agricultural Research*.5(22). 3082-3087.
- Winarso,S.2005.Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan Dan Kualitas Tanah. Penerbit Gava Media.45-58.