

## **Karakteristik Kandungan Unsur N, P Dan K Limbah Cair Kelapa Sawit Kolam Anaerob Dengan Kontak Kuantitas Bentonit**

### **Characteristics Content Of Elements N, P, K In An-Aerobic Pond Of Liquid Palm Oil Mill Effluent With Bentonite Contact**

Pada Mulia Raja<sup>1\*</sup>, Giyanto<sup>1</sup>, Siholanna Barus<sup>1</sup>

\*Email: [padamulia@stipap.ac.id](mailto:padamulia@stipap.ac.id)

Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, STIP Agrobisnis Perkebunan  
Medan, Indonesia

#### **ABSTRACT**

Palm Oil Mill effluent (POME) is an agro-industrial organic waste generated from the processing of Fresh Fruit Bunches (FFB) to produce Crude Palm Oil (CPO) which is can be used as Palm Oil Mill effluent (POME) is an agro-industrial organic waste generated from the processing of Fresh Fruit Bunches (FFB) to produce Crude Palm Oil (CPO) which is can be used as a liquid fertilizer. This study aims to determine Nitrogen, Phosphor, and Kalium content in POME that has been given Bentonite and Effective microorganism-4 into the anaerobic pond POME. This study is divided into 4 stages, namely; characterization of POME, preparation of bentonite. Bentonite application based on the number of POME and the characterization of N, P, K in POME after added of Bentonite. In this study, the fermentation of POME processing was added of Effective Microorganism-4 (EM4) and 3%, 5%, and 7% Bentonite particles size 60 mesh with 3 replications. The results showed that the highest Nitrogen content was 9167 ppm obtained by the fermentation using 7% Bentonite, the highest level of Phosphor content 20.1 ppm obtained using 3% of Bentonite particles, the highest levels of Kalium content obtained by 3% of Bentonite particles with an average value 742 ppm. Bentonite applications increased the value of N, P & K in LCPKS in anaerobic ponds. Keywords; Palm Oil Mill Efluent, Fermentation, Effective Microorganisms-4, Bentonite.

#### **Abstrak**

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) merupakan limbah organik agroindustri yang berasal dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi Minyak Sawit Mentah (CPO) yang masih dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Nitrogen, Fosfor, dan Kalium yang telah diberikan bentonit dan Efektif Mikroorganisme-4 ke dalam kolam anaerob LCPKS. Penelitian ini terdiri dari 4 tahap, yaitu: karakterisasi LCPKS, preparasi bentonit. Aplikasi bentonit berdasarkan jumlah LCPKS dan karakterisasi N, P, K pada LCPKS setelah pemberian bentonit. Pada penelitian ini dilakukan proses fermentasi LCPKS dengan penambahan Effective Microorganism-4 (EM4) dan partikel bentonit 3%, 5% dan 7% dengan ukuran 60 mesh dengan 3 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan kadar N tertinggi yaitu 9167 ppm) diperoleh dari proses fermentasi dengan bentonit 7%, kadar P tertinggi 20,1 ppm diperoleh dari bentonit 3% dan kadar K tertinggi diperoleh bentonit 3% dengan nilai rata-rata. rata-rata 742 ppm. Aplikasi bentonit dapat meningkatkan nilai N, P & K pada LCPKS pada kolam anaerobik.

Kata kunci; Limbah cair pabrik kelapa sawit, Fermentasi, Effective Mikroorganisme-4, Bentonit.

## PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) atau *palm oil mill effluent* (POME) merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan *crude palm oil* (CPO). Proses pengolahan TBS menjadi minyak kelapa sawit (CPO) akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar (Nasution, 2004).

LCPKS pada kolam anaerobik primer dengan WPH 75 hari, menghasilkan LCPKS dengan kisaran *biochemical oxygen demand* (BOD) 3.500 - 5.000 mg L<sup>-1</sup> (Pamin *et al.*, 1996). Raharjo (2009), menjelaskan bahwa hasil kolam anaerobik LCPKS dengan WPH 40 hari yang dilanjutkan ke kolam aerobik WPH 60 hari dapat menurunkan BOD dengan kisaran 200-230 mg L<sup>-1</sup>. BOD akan menurun dari 27.000 menjadi 2.500 mg L<sup>-1</sup> dan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N, P dan K pada LCPKS sampai 40% setelah dilakukan pengolahan standar pabrik pada kolam anaerob sekunder jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan pengolahan (Budianta, 2005).

Penurunan BOD setelah dilakukan pengolahan akan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N, P dan K dari limbah cair pabrik kelapa sawit (Simanjuntak, 2009). Kandungan N-Total LCPKS pada kolam anaerob sekunder I menurun sebesar 74,07% bila dibandingkan dengan kadar N-Total pada kolam pengasaman. Kandungan P-Total LCPKS pada kolam pengasaman mengalami penurunan sejalan dengan perubahan jenis kolam, penurunan terjadi sebesar 84,92% di kolam aerob. Begitu juga dengan kadar K pada kolam pengasaman menurun sebesar 75,04% di kolam aerob (Nursanti *et al.*, 2013).

Bentonit adalah jenis batuan hasil alterasi dari material-material, gelas, tuff, atau abu vulkanik yang berfungsi sebagai adsorben yang digunakan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan limbah organik maupun limbah anorganik. Bentonit tersusun oleh kerangka amino silikat dan membentuk struktur lapis, mempunyai muatan negatif merata di permukaannya dan merupakan penukar kation yang baik. Bentonit memiliki ciri khas jika diraba seperti lilin dan

memiliki tekstur seperti sabun. Bagian dekat permukaan berwarna abu-abu dan menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan di bawah permukaan berwarna abu-abu kebiruan, ada pula yang berwarna putih, coklat terang dan coklat kemerahan (Nurhayati, 2010).

Kandungan utama dari bentonit adalah montmorillonit. Adanya rongga pada montmorillonit menyebabkan luas permukaannya menjadi sangat besar, bahkan luas permukaan spesifik montmorillonit dapat mencapai sekitar 700-800 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan spesifik ini terbuka pada dispersi dalam air, karena kemampuan mengembang yang tinggi menyebabkan montmorillonit dapat menerima ion-ion logam dan senyawa organik (Ashadi *et al.*, 2009). Perluasan kisi bentonit meliputi kemampuan mengembang dan luas permukaan yang besar menyebabkan partikel bentonit dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Priadmoko *et al.*, 2006).

Pada bidang pertanian bentonit digunakan sebagai penukar ion untuk memperbaiki kondisi tanah yang kurang baik, meningkatkan kemampuan bentonit dalam menyerap senyawa-senyawa organik, terutama yang bersifat nonpolar, seperti senyawaan hidrokarbon aromatik, bentonit perlu diaktifkan terlebih dahulu. Aktivasi ini dimaksudkan untuk mengubah sebagian struktur lapisan silikat, sifat muatan lapisan silikat, atau mengubah lingkungan permukaan mineral dari hidrofilik menjadi hidrofobik (Sutiani 2006).

## METODE PENELITIAN

### Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia STIPAP Medan dan pengujian sampel dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan (BARISTAN) Jl. Sisingamangaraja No.24. Medan.

### Alat dan Bahan

Alat-alat penelitian yaitu Pengerus Porselin (mortar), Saringan 60 mesh, Cawan petri, Neraca Analitik, Oven, Desikator, Gelas kimia, Ember Ukuran 5 Liter, Termometer raksa, pH Meter

Bahan-bahan Penelitian yaitu LCPKS kolam anaerob, Bentonit, EM 4

## Tahapan Penelitian

### Persiapan Bahan Baku

Menyediakan LCPKS, EM-4 dan Bentonit alam yang akan diolah dan digunakan dalam pembuatan pupuk cair LCPKS.

### Preparasi Bentonit Alam

Bentonit ditumbuk dengan penggerus porselin, lalu diayak dengan menggunakan ayakan Fischer yang berukuran partikel 60 mesh, lalu dibagi menjadi 3 bagian dengan jumlah partikel bentonit 3%, 5%, 7%. Serbuk bentonit yang telah diayak diaktivasi dengan cara dioven selama 5 jam dengan suhu 120-150°C, kemudian dimasukkan ke dalam desikator agar partikel bentonit bebas dari air.

### Preparasi dan Karakterisasi Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah cair kelapa sawit hasil pengolahan kelapa sawit dianalisis kadar nitrogen, kadar fosfor, kadar kalium, pH dan suhu. Analisis kadar N, P, K dilakukan dengan cara; nitrogen dengan metode *Titrimetri*, unsur fosfor dengan metode *Spektrofotometri*, dan kalium dianalisis dengan metode AAS. Pengukuran pH dengan pH meter dan suhu dengan menggunakan termometer raksa. Prosedur Pengolahan (Hartuti, et al., 2012.)

### Fermentasi

Fermentasi LCPKS dilakukan dengan 3 sampel dengan komposisi yaitu 2000ml limbah cair dengan tambahan 200ml EM-4 ke dalam masing-masing sampel dan diletakan di dalam wadah. Untuk mempercepat Fermentasi wadah ditutup dan kemudian didiamkan selama 14 hari. Aerasi, Pengukuran pH, pengadukan kompos, dan pengukuran suhu dilakukan setiap dua hari sekali, sehingga diperoleh suhu yang sama dengan suhu ruangan yang konsisten hingga warna LCPKS

berubah menjadi kehitaman, bau busuk berkurang dan buih putih dipermukaannya akibat aktivasi dari mikroba saat terjadi fermentasi oleh bantuan EM-4.

### Aplikasi Bentonit pada LCPKS

Penambahan bentonit dilakukan setelah Sampel LCPKS telah di komposkan dengan penambahan EM4 selama 14 hari. Kemudian sampel di tambahkan bentonit dengan ukuran partikel 60 mesh kesetiap sampel berdasarkan komposisi yang berbeda di setiap wadah yaitu; 1. Bentonit 3% (6 gr), 2. Bentonit 5% (10 gr) dan 3. Bentonit 7% (14 gr). Sampel ditutup dan di diamkan selama 14 hari, kemudian amati perubahan fisik dan analisis kadar pH, suhu dan kadar N, P, K pada sampel 1,2,3 lakukan percobaan hingga 3 kali pada setiap sampel.

## HASIL DAN EMBAHASAN

### Karakteristik LCPKS Kolam Anaerob

Sampel dari penelitian ini adalah Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) yang diambil dari PT. Perkebunan Nusantara IV - PKA Adolina yang berlokasi di Lintas Sumatra KM. 38. LCPKS yaitu limbah cair yang berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi, dan dari hidrosiklon, yang mempunyai kadar organik yang baik bagi tanaman. LCPKS sebelum ada perlakuan memiliki warna coklat bening tanpa adanya buih dan berbau busuk.

Untuk menguraikan senyawa-senyawa yang terkandung dalam LCPKS maka diperlukan suatu kondisi ideal agar proses Fermentasi dapat berlangsung optimal. Untuk itu perlu dilakukan analisa terhadap LCPKS sehingga dapat diketahui tingkat kelayakannya. Karakteristik sampel LCPKS yang berasal dari kolam anaerob dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik LCPKS Sebelum Perlakuan.

Parameter	Satuan	Hasil	Metode	SNI 19-7030-2004
Nitrogen Total	ppm	0,10	Titrimetri	>0,4
Fosfor sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ppm	0,03	Spektrofotometer	>0,1
Kalium sebagai K <sub>2</sub> O	ppm	2,30	A S S	>0,2
pH	-	5,3	pH meter	6,8-7,49
Suhu	°C	29	Termometer	Suhu air tanah
Warna	-	Coklat jernih	-	-

Keterangan : Memenuhi baku mutu.

Berdasarkan Tabel 1. karakterisasi yang telah dilakukan terhadap LCPKS, kadar N, P dan K yang dihasilkan elah memenuhi baku mutu menurut SNI 197030-2004, dengan kandungan N-total kompos minimum >0,4, kadar hara N yang dihasilkan 0,10 ppm, kandungan P-total kompos minimum >0,1, kadar hara P yang dihasilkan 0,03 ppm dan kandungan K-total kompos minimum >0,2, kadar hara K yang dihasilkan 2,30 ppm. Komposisi kompos yang dihasilkan masih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Irvan *et al.* (2011) komposisi nutrisi kolam anaerob sekunder kadar N: 62-85 ppm, kadar P: 450 ppm, kadar K: 875-1250 ppm. Penurunan kadar hara ini disebabkan karena pada pengolahan LCPKS dari kolam pengasaman mengalami penurunan sejalan dengan perubahan jenis kolam dan dimungkinkan karena jarak pabrik dengan kolam limbah sangat jauh sehingga pada kolam Anaerob kadar N, P dan K menurun drastis. Maka perlu dilakukan perlakuan agar diperoleh kondisi optimum dalam Fermentasi sehingga dapat meningkatkan kadar N, P dan K yang tinggi dan baik untuk tanaman.

### Kadar Nitrogen (N) Pupuk Cair LCPKS

Proses Fermentasi dengan penambahan aktivator EM-4 akan meningkatkan kandungan N-total. Proses perubahan nitrogen dalam proses Fermentasi terjadi karena adanya proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang menghasilkan amonia dan nitrogen yang berlebihan dan terperangkap di dalam kompos dan tidak dapat terlepas ke udara (Anggraeni, 2013).

Data pengamatan unsur hara Nitrogen (N) dan sidik ragamnya dapat dilihat pada lampiran yang menunjukkan bahwa perlakuan kuantitas bentonit yang digunakan untuk mengadsorpsi dan menyerap senyawa-senyawa organik dalam kompos berpengaruh nyata dalam peningkatan unsur hara (N) karena bentonit bersifat plasti dan koloidal tinggi. Kadar unsur hara nitrogen (N) pada kompos perlakuan dengan bentonit ukuran partikel 60 mesh dan berdasarkan kuantitas bentonit yaitu 3%, 5% dan 7% dengan waktu dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Nitrogen (N) Pada LCPKS Berdasarkan Persentase Pemberian Bentonit

Kuantitas Bentonit	Parameter				Satuan	Metode
	Nitrogen I	Nitrogen II	Nitrogen III	Rataan		
3%	83,5	105	125	104	ppm	Titrimetri
5%	134	130	137	134	ppm	Spektrofotometer
7%	157	167	177	167	ppm	ASS

Berdasarkan data pada Tabel 2. kadar unsur hara nitrogen terendah diperoleh pada pemberian bentonit 3% yang menghasilkan nitrogen sebanyak 104 ppm. Pada pemberian bentonit sebanyak 5% diperoleh kadar nitrogen 134 ppm. Sementara naiknya persentasi bentonit yang diberikan yaitu 7% diperoleh kandungan nitrogen tertinggi (167 ppm). Hal ini perbedaan yang nyata pada pemberian bentonit dengan kuantitas 3% dan 5% dengan waktu Fermentasi dan WPH yang sama. Senada dengan hal di atas Anggraeni

(2012), menyatakan bahwa peningkatan N-total diakibatkan adanya penguraian protein menjadi asam amino oleh sejumlah mikroorganisme dengan bantuan aktivator EM-4, kemudian asam amino mengalami amonifikasi menjadi amonium yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat. Berlangsungnya proses tersebut dapat diketahui dari timbulnya bau pada saat dilakukan proses pengadukan kompos.

Komposisi bentonit yang di berikan pada tiap-tiap sampel mempengaruhi

peningkatan unsur N kompos dengan kemampuan bentonit dalam mengikat dan menyerap senyawa-senyawa organik. Hal ini terjadi karena persentase bentonit yang di berikan pada tiap-tiap sampel memiliki daya adsorpsi yang berbeda-beda pada penyerapan unsur hara kompos. Penambahan bentonit dengan variasi persentase akan mendorong  $NH_4^+$  agar tetap berada dalam bentuk ion amonium sehingga terjadi difusi, selain itu adanya penambahan bentonit akan mengurangi

penguapan amoniak sehingga pelepasan amoniak dapat dikurangi.

### Kadar Fosfor (P) Pupuk Cair LCPKS

Kadar unsur hara Fosfor (P) pada kompos perlakuan dengan bentonit ukuran partikel 60 mesh dan berdasarkan kuantitas bentonit yaitu 3%, 5% dan 7% dengan waktu dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Kadar Fosfor (P) Pada LCPKS Dengan Pemberian Bentonit**

Kuantitas Bentonit	Parameter				Satuan	Metode
	Fosfor I	Fosfor II	Fosfor III	Rataan		
3%	<0,01	29,8	30,7	20,1	ppm	Titrimetri
5%	0,5	<0,01	<0,01	0,17	ppm	Spektrofotometer
7%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	ppm	A S S

Data pada Tabel 3. terdapat kadar unsur hara Fosfor terendah pada pemberian bentonit sebanyak 7% yaitu dengan nilai rata-rata kadar fosfor <0,01 ppm, dilanjutkan dengan bentonit kuantitas 5% yaitu dengan nilai rata-rata kadar fosfor 0,17 ppm dan kadar Fosfor tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan pemberian bentonit dengan kuantitas 3% yaitu dengan nilai rata-rata kandungan fosfor 20,1 ppm, yang berbeda nyata dengan pemberian bentonit 5% dan 7% dengan jumlah waktu Fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Suswardany (2006) yang menyatakan bahwa pada akhir Fermentasi mikroorganismen menghisap sebagian fosfor untuk membentuk zat putih telur dalam

tubuhnya, kompleks putih telur merupakan salah satu hasil akhir Fermentasi yang penting. Kompos dengan penambahan aktivator EM-4 meyebabkan dapat menyerap fosfor, sehingga kandungan fosfor menurun.

### Kadar Kalium (K) Pupuk Cair LCPKS

Kadar unsur hara Kalium (K) pada kompos akibat pemberian bentonit ukuran partikel 60 mesh dan pemberian bentonit sebanyak 3%, 5% dan 7% dengan waktu dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4. Kadar Kalium (K) Pada LCPKS Perlakuan Dengan Pemberian Bentonit**

Kuantitas Bentonit	Parameter				Satuan	Metode
	Kalium I	Kalium II	Kalium III	Rataan		
3%	764	742	730	745	Ppm	Titrimetri
5%	888	668	660	738	Ppm	Spektrofotometer
7%	687	691	699	692	Ppm	ASS

Berdasarkan Tabel 4. terlihat kadar unsur hara kalium terendah diperoleh pada aplikasi bentonit sebanyak 7% dengan kadar kalium 692 ppm, dilanjutkan dengan aplikasi bentonit 5% yaitu dengan jumlah kalium 738 ppm. Kadar kalium tertinggi diperoleh pada pemberian bentonit 3% diperoleh kandungan kalium 745ppm dengan perlakuan pemberian bentonit dengan kuantitas 5% dan 7% dengan masa waktu Fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel. Percepatan penguraian bahan organik di dalam LCPKS dipercepat dengan penambahan mikroorganisme (EM-4) Hal ini senada dengan Ristiawan, 2012, yang mengemukakan bahwa penambahan unsur makro seperti kalium adalah hasil dari penguraian mikroorganisme.

## KESIMPULAN

Aplikasi bentonit dan EM-4 yang diberikan pada LCPKS pada proses fermentasi diperoleh kadar N tertinggi dengan pemberian bentonit 7% N sebesar 167 ppm, kadar P tertinggi diperoleh dengan pemberian bentonit 3% dengan jumlah fosfor 20,1 ppm dan unsur K tertinggi diperoleh pada pemberian bentonit 3% sebesar 742 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Dewi, 2013, Studi Fermentasi lumpur Hasil Pengolahan Limbah Cair PT Indofood CBP dan Limbah Bawang Merah Goreng Menggunakan Aktivator EM-4 dan Lumpur aktif. Undergraduate Thesiss, fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ashadi, martini, k.S., Masykuri, M., Saputro, S., (2009). Kinerja Sistem Adsorben Surfaktan Kationik Berpenyangga Montmorilonit Lokal Untuk Remediasi Limbah Selenat Dalam Air. *Jurnal Alchemy* 6(2). 10-12. UNS Surakarta.
- Budianta,D.(2005). Potensi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber hara untuk tanaman perkebunan. *Dinamika Pertanian*. 20(3):273-282.
- Hartutik, Sri , Sriatun,Taslimah. 2012. Pembuatan pupuk kompos dari limbah bunga kenanga dan pengaruh persentase zeolit terhadap ketersediaan nitrogen tanah.
- Irvan,. 2011. Pembuatan pupuk organik aktif dari pengolahan lanjut limbah cair pabrik kelapa sawit, Laporan Hasil Penelitian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nasution.D.Y. 2004. Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit yang berasal dari kolam akhir (*final pond*) dengan proses koagulasi melalui elektrolisis. *Jurnal Sains Kimia*. 8(2): 38-40.
- Nurhayati, H. 2010. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Lampung : Universitas Lampung.
- Nursanti,I, Dedik.B, Napoleon.A dan Parto.Y. 2013. Zeolite utilization as a catalyst and nutrient absorbent in an organic fertilizer processing derived ssfrom palm oil mill effluent as a raw material. *International Journal of Mechanical and Material . Inpress*.
- Pamin.K, Siahaan.M.M, dan Tobing. P.L. 1996. Pemanfaatan limbah cair PKS pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Makalah Lokakarya Nasional Pemanfaatan Limbah Cair cara Land Application, 26-27 November 1996. Jakarta.
- Priatmoko, S dan Najiyana, K., 2006, Adsorpsi Logam Cr (III) Oleh Lempung Bentonit Yang Telah Diberi Perlakuan HCL dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Seminar Nasional dan Pendidikan Kimia. UNNES Semarang.
- Ristiawan, Ardhi. 2012. Studi Pemanfaatan Aktivator Lumpur Aktif dan EM4 dalam Proses Fermentasi Lumpur Organik, Sampah Organik Domestik, Limbah Bawang Merah Goreng dan Limbah Kulit Bawang. Undergraduate Thesis, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Simanjuntak. H. 2009. Studi korelasi antara BOD dengan unsur hara N, P dan K dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan.
- SNI 19-7030-2004, Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
- Suswardany, Dwi Linna, Ambarwati, Yuli Kusumawati. 2006. Peran Effective Microorganism-4 (EM-4) Dalam Meningkatkan Kualitas Kimia



Kompos Ampas Tahu. Jurnal  
Penelitian Sains dan Teknologi, 7(2).  
Universitas Muhammadiyah  
Surakarta.

Sutiani D., 2006, Karakteristik Bentonit Asal  
Karangnunggal, Tasikmalaya Bogor :  
Fakultas Pertanian, Institut Pertanian  
Bogor.