# PERUBAHAN KARAKTERISTIK *CLAY LINER* YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DI TPA SUPIT URANG PADA KONSTRUKSI *SANITARY LANDFILL* AKIBAT REMBESAN *LEACHATE*

**Eko Indah Susanti[*] dan Bekti Prihatiningsih**
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang
Jl. Terusan Raya Dieng No. 61-62, Malang.
[*]Email: eko.indah@unmer.ac.id

**Abstrak**

*Peningkatan hydraulic conductivity (k) terjadi akibat berubahnya susunan butiran clay liner yang dialiri leachate dengan pH rendah (asam) dan pH tinggi (basa); hal ini akibat rusaknya susunan butiran dar clay liner. Penambahan kapur sebagai bahan stabilisasi pada pembuatan clay liner diharapkan dapat memperkecil kerusakan clay liner akibat terendam dan teraliri leachate. Pada penelitian ini, clay liner dibuat dari tanah lempung yang dipadatkan dengan Standart Proctor kemudian dibandingkan dengan clay liner yang sudah distabilisasi dengan kapur dengan kepadatan Standard Proctor. Kemudian permukaan dari clay liner yang telah disiapkan dengan ketebalan 1 cm dan diameter 6,5 cm tersebut masing-masing digenangi leachate basa (pH 8,34) selama 2 minggu. Setelah itu harga k ditentukan dengan menggunakan test Falling Head Permeameter. Perubahan susunan butiran dan kandungan clay mineral akibat leachate basa ditentukan dengan melakukan test masing-masing dengan menggunakan X-Ray Diffractometer. Analisa kandungan kimia dilakukan dengan analisa kimia di laboratorium. Hasil studi menunjukkan bahwa harga k untuk clay liner tanah asli sebesar $3{,}5.10^{-4}$ tidak memenuhi k Standard Design Liner Of Landfill yaitu sebesar $1.10^{-7}$ cm/det. Oleh karena itu diupayakan dilakukan stabilisasi dengan menggunakan kapur.*

***Kata kunci** : hydraulic conductivity, X-Ray Diffraction, COD*

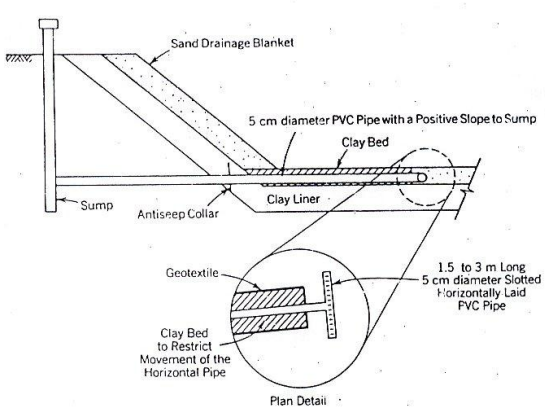
## 1. PENDAHULUAN

Penanganan sampah ada beberapa cara yang umum dilakukan, yaitu : pembakaran, komposting dan *land fill*. Dari ketiga cara tersebut yang dianggap paling baik dan tidak memerlukan banyak kegiatan adalah *land fill*. *Landfill* (timbunan tanah) merupakan salah satu tindakan penanganan sampah dengan cara sampah ditumpuk dalam satu lahan.

Parameter dari tanah bekas timbunan sampah suatu lokasi berbeda dengan lokasi lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : jenis sampah yang di timbun berbeda, cara pemadatan di lokasi timbunan sampah, jenis tanah asli yang berbeda. Tipe desain *landfill* seperti terlihat dalam gambar 1.

Sampah perkotaan yang ditampung pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan *leachate* (berupa cairan). Jika rembesan *leachate* ini masuk ke dalam air tanah maka akan mencemari kualitas air tanah. Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk mencegah *infiltrasi leachate* dan membuat TPA aman terhadap lingkungan. Salah satu upaya adalah dengan membuat lapisan yang kedap terhadap leachate yang dikenal dengan istilah *clay liner*. Tanah yang dipadatkan dengan kepadatan tertentu atau dicampur dengan bahan lain ini disebut dengan *liner*. Adapun *clay liner* ini akan dicampur dengan bahan yang tidak memerlukan biaya yang besar dan dapat berguna bagi masyarakat, oleh karena itu dicoba mendapatkan gabungan tanah lempung dicampur dengan kapur. *Clay liner* ini direncanakan diterapkan pada area *landfill*, menggunakan tanah di sekitar area tersebut. Lebih khusus lagi akan diselidiki identifikasi jenis mineral lempung dari *clay liner* dilakukan dengan X-Ray Diffractometer dan test kadar pH dan COD dilakukan dengan analisa laboratorium.

ISBN 978-602-99334-9-9




**Gambar 1. Tipe desain *landfill***

Untuk desain landfill, di dasar TPA dipasang clay liner dan *geotextile* yang berfungsi untuk mencegah merembesnya lindi ke dalam tanah (Bagchi, 1994).

Menurut Suryo, Eko Andi (2005*)* menjelaskan bahwa lama perendaman *leachate* sampah dan kepadatan tanah yang bervariasi mempengaruhi terhadap susunan butiran lempung dan hydraulic conductivity clay liner. Hasil studi menunjukkan bahwa kepadatan *clay liner* mempengaruhi harga k, dimana harga k makin mengecil dengan meningkatnya kepadatan. Hanya saja, peningkatan kepadatan dari 35x blows ke 50x blows memberikan penurunan harga k yang relatif kecil. Lama waktu perendaman juga membuat harga k semakin membesar.

Mochtar (2001) meneliti tentang perubahan kandungan kimia dan orientasi partikel *clay liner* akibat rembesan *leachate* sampah perkotaan. Sudjianto, A.T., (2008) meneliti *clay liner* yang dipadatkan dengan pemadatan *Standard Proctor*, pada sisi *dry side* memiliki nilai *hydraulic conductivity* lebih besar dari pada sisi *wet side* dan pada optimum side diantaranya. Kadar air yang tepat pada saat pemadatan *clay liner* adalah pada sisi *wet side* karena mempunyai nilai rembesan yang lebih kecil dari pada sisi *dry side* dan optimum. Semakin basah kadar air yang dimiliki clay liner, maka semakin kecil nilai *hydraulic conductivity*, sehingga semakin baik untuk perencanaan clay liner pada lapisan dasar LPA. Ratna Yuniarti dan Tri Sulistyowati (2006, 2011) meneliti tentang konduktivitas hidrolik, perubahan mineral dan kimia dari lempung sebagai liner dan rusaknya dengan alam dan *leachate* yang disaring dengan limestone sebagai *permeant*.

Hasil penelitian terdahulu sering dilakukan dengan mengambil pokok permasalahan mengenai pengaruh kepadatan dari *clay liner* terhadap *hydraulic conductivity*, sedangkan untuk menstabilisasi *clay liner* dengan bahan lain jarang dilakukan.

Berdasarkan latar belakang masalah, maka terdapat gagasan untuk melakukan penelitian terhadap *clay liner* yang distabilisai dengan kapur dengan perbandingan awal menggunakan *clay liner* tanah asli. *Clay liner* ini direncanakan diterapkan pada area *landfill*, menggunakan tanah di sekitar area tersebut. Lebih khusus lagi akan diselidiki identifikasi jenis mineral lempung dari clay liner dilakukan dengan *X-Ray Diffractometer* dan test kadar pH dan COD dilakukan dengan analisa laboratorium.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen di laboratorium, yaitu suatu metode dengan cara melakukan serangkaian pengujian terhadap sejumlah benda uji. Hasil pengujian tersebut akan dapat dijadikan acuan dalam usaha menstabilisasi tanah (*landfill*).

### 2.2. Material

Tanah yang digunakan adalah tanah pada daerah sekitar *landfill* (TPA Supit Urang) Kota Malang Jawa timur. Tanah lempung asli diambil pada kedalaman 4 meter dari muka tanah. Pengambilan tanah dibedakan menjadi dua, yaitu : tanah untuk kondisi *undisturbed* dan tanah dalam kondisi *disturbed*. Tanah dalam kondisi *disturbed* sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu

(kering udara), selanjutnya dapat digunakan untuk pengujian. Pengambilan tanah di sekitar *landfill* diharapkan bisa memanfaatkan hasil galian landfill itu sendiri, sehingga bisa lebih ekonomis.

Kapur diambil dari daerah Malang, yang umumnya berasal dari Malang selatan. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur yang diperoleh dari penyiraman batu gamping dengan air dalam jumlah tertentu sehingga menghasilkan kapur sesuai yang kita inginkan.

Komposisi campuran yang digunakan berdasarkan literatur yang ada menyebutkan bahwa untuk campuran kapur diambil 8% sampai 12%, perhitungan berat kapur diambil berdasarkan persen (%) terhadap berat/ volume tanah asli. Tabel 1 memperlihatkan komposisi benda uji 1, benda uji 2 dan benda uji 3.

**Tabel 1. Komposisi benda uji**

| Komposisi | Benda uji 1 | Benda uji 2 | Benda Uji 3 |
|---|---|---|---|
| **Tanah Asli** | 1 | 1 | 1 |
| **Kapur** | 8 % | 10 % | 12 |

## 2.3. Pengujian yang dilakukan

**Tabel 2. Daftar standard uji yang digunakan**

| Jenis percobaan | Standard yang digunakan | | |
|---|---|---|---|
| | **ASTM** | **AASHTO** | **SNI** |
| Kadar air tanah | ASTM D2216 | | SNI 1967-1990-F |
| Berat jenis tanah | ASTM D854 | | |
| Konsistensi tanah : | | | SNI 1967-1990-F |
| - Liquid limit | ASTM D423 | T 89-74 | SNI 1966-1990-F |
| - Plastis limit | ASTM D424 | T 89-74 | |
| - Shrinkage limit | ASTM D427-74 | T99 | |
| Analisa saringan | D421 | | |
| Pemadatan Standard Proctor | D698 | T234 | |
| Unconfined | D2166-85 | T208-90 | |
| Triaxial | D2850-87 | T234-85 | |
| Permeabilitas (Falling head permeameter) | D2434 | T215 | |
| CBR | D1833-87 | T193-81 | |
| Konsolidasi | D2435-70 | | |

Analisa kimia yang dilakukan adalah menganalisis parameter tanah asli yaitu tanah lempung (*Land fill*), menganalisis parameter tanah lempung asli (*landfill*) yang telah distabilisasi dengan kapur dan menganalisis parameter air sampah (*lindi*). Pengujian analisa kimia dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan penggenangan dengan air lindi selama 2 minggu. Analisa kimia yang dilakukan meliputi pH, COD dan bahan organik yang terkandung, dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Daftar standar uji disajikan dalam tabel 2.

Pengujian *X-ray diffraction* dilakukan sebelum dan sesudah penggenangan dengan air lindi selama 2 minggu di Laboratorium Dasar Bersama Universitas Airlangga Surabaya.

## 3. ANALISA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

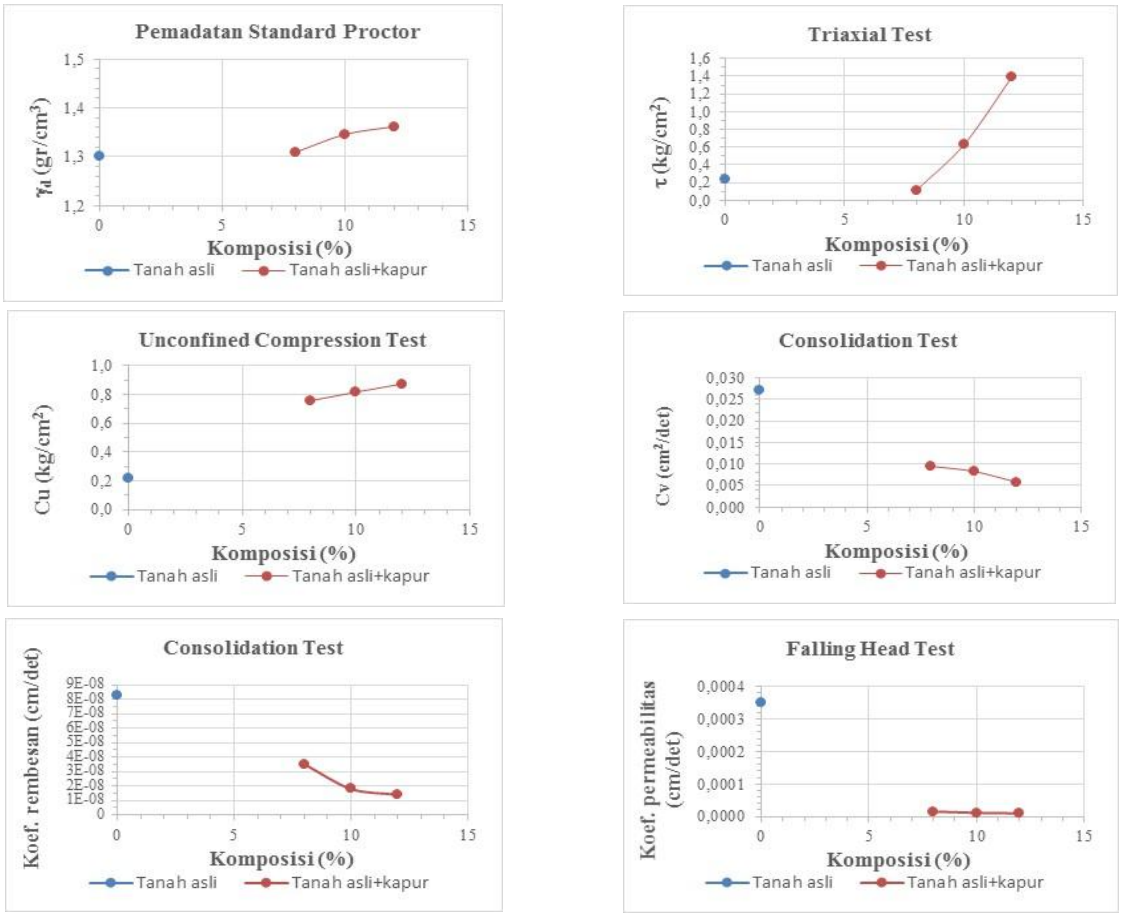
Hasil pengujian seperti disajikan dalam tabel 3 dan gambar 2.

**Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Penelitian**

| No | Pengujian | Satuan | Tanah Asli | TA + Kapur 8% | TA + Kapur 10% | TA + Kapur 12% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Berat Specifik (Gs) | | 2.552 | 2.556 | 2.567 | 2.620 |
| 2 | Atterberg Limit : | | - | | | |
| | Batas Cair (LL) | % | 67.8 | 65 | 62 | 60 |
| | Batas Plastis (PL) | % | 42.185 | 41.091 | 40.627 | 40.250 |
| | Indeks Plastisitas (IP) | % | 25.615 | 23.909 | 21.373 | 19.750 |

ISBN 978-602-99334-9-9

| No | Pengujian | Satuan | Tanah Asli | TA + Kapur 8% | TA + Kapur 10% | TA + Kapur 12% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Batas Susut (SL) | % | 45.475 | 44.301 | 43.486 | 42.799 |
| 3 | Pemadatan : | | - | | | |
| | Kadar Air Optimum (OMC) | % | 32.413 | 30.777 | 30.181 | 29.620 |
| | Berat Isi Tanah Kering (γd) | gr/cm$^3$ | 1.3 | 1,310 | 1,346 | 1.362 |
| 4 | Triaxial : | | - | | | |
| | Kohesi (c) | Kg/cm$^2$ | 0.24 | 0.275 | 0.3 | 0.333 |
| | Sudut Geser (ϕ) | $^o$ | 0 | 5.62 | 3.47 | 2.35 |
| | Tegangan Geser (τ) | Kg/cm$^2$ | - | 0.112 | 0.627 | 1.387 |
| 5 | Unconfined : | - | - | | | |
| | Kuat Tekan Bebas (qu) | Kg/cm$^2$ | 0.4386 | 1.492 | 1.632 | 1.744 |
| | Kuat Tekan Geser (Cu) | Kg/cm$^2$ | 0.2193 | 0.756 | 0.816 | 0.872 |
| 6 | Koefisien Konsolidasi (Cv) | Cm$^2$/det | 0.0272 | 0.00948 | 0.00827 | 0.00578 |
| | Koef. Kemampumampatan volume (mv) | Kg/cm$^2$ | 0.0051 | 0.00349 | 0.00223 | 0.00257 |
| | Angka Pori (e) | - | 1.559 | 1.64995 | 1.63921 | 1.65920 |
| | Koefisien rembesan (k) | Cm/det | 8.246E-08 | 3.52E-08 | 1.80E-08 | 1.40E-08 |
| 7 | Koefisien Permeabilitas (cm/det) | Cm/det | 0.00035 | 1.556E-05 | 1.163E-05 | 9.888E-06 |




**Gambar 2. Grafik hasil penelitian tanah asli vs tanah asli+kapur**

Dari pengujian klasifikasi tanah berdasarkan sistem Klasifikasi Tanah USCS termasuk dalam jenis OH (lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi).

Dari hasil keseluruhan nilai parameter tanah yang didapat dapat disimpulkan bahwa komposisi terbaik dari upaya stabilisasi tanah sebagai bahan liner pada *landfill* dengan campuran tanah asli

dan kapur 12 %. Dengan melihat k yang sesuai *Standard Design Liner of Landfill* (sebesar $1.10^{-7}$ cm/det), maka untuk pencampuran tanah asli dengan kapur belum ada yang memenuhi standart.

### 3.1. Analisa Kimia

**Air Lindi**

**Tabel 4. Hasil Analisa Kimia Air Lindi**

| No. | Parameter | Hasil Analisa | | Metode Analisis | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Kadar | Satuan | Pereaksi | Metode |
| 1 | COD | 742.00±2.83 | ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi Redoks |
| 2 | pH | 8.34±0.00 | | | |

Dari hasil analisa kimia tabel 4, air lindi berwarna coklat kehitaman tergolong bersifat basa (ditunjukkan dari harga pH > 7) serta mempunyai kadar COD sebesar 742.00±2.83 ppm.

**Clay Liner**

**Tabel 5. Hasil Analisa Kimia Tanah Lempung**

| Parameter | No. | Kode | Hasil Analisa | | Metode Analisa | | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kadar | Satuan | Pereaksi | Metode | |
| COD | 1 | TKA | 256.00±0.00 | Ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi redoks | TA+kapur 8% |
| | 2 | TKB | 300.80±4.53 | Ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi redoks | TA+kapur 10% |
| | 3 | TKC | 396.80±4.53 | Ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi redoks | TA+kapur 12% |
| | 4 | TAD | 16.00±0.00 | Ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi redoks | TA sebelum |
| | 5 | TAE | 620.80±4.53 | Ppm | $Na_2S_2O_3$ | Titrasi redoks | TA sesudah |
| pH | 6 | TKA | 8.33±0.00 | | | pHmetri | TA+kapur 8% |
| | 7 | TKB | 8.63±0.06 | | | pHmetri | TA+kapur 10% |
| | 8 | TKC | 9.05±0.28 | | | pHmetri | TA+kapur 12% |
| | 9 | TAD | 6.37±0.94 | | | pHmetri | TA sebelum |
| | 10 | TAE | 7.15±0.07 | | | pHmetri | TA sesudah |

Pengertian dari COD sendiri adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia, dimana pengoksidasi Kalium bichromat ($K_2Cr_2O_7$) digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah *Kalium bichromat* yang dipakai pada reaksi tersebut. Dari hasil test dan analisa, diketahui bahwa semakin besar penambahan prosentase kapur mempengaruhi peningkatan kadar COD. Lebih jelasnya bahwa penambahan prosentase kapur pada tanah asli sebagai clay liner juga akan meningkatkan kadar COD pada liner tersebut. Tetapi pada clay liner tanah asli sendiri mempunyai kadar COD paling tinggi (setelah digenangi air lindi dengan COD = 620.80±4.53 ppm).

Dari hasil analisa kimia kadar pH tanah asli sebesar 6.37±0.94 ppm (bersifat asam, 6.37 < 7) setelah dilakukan perendaman selama 2 minggu naik menjadi 7.15±0.07 ppm (tanah bersifat basa), hal ini dipengaruhi oleh kadar pH air lindi bersifat basa sebesar 8.34±0.00.

Sedangkan penambahan prosentase kapur atau fly ash pada tanah asli sebagai clay liner tidak memperkecil kadar pH pada liner tersebut (membuat clay liner campuran tersebut bersifat basa).

### 3.2. Pengujian *X-Ray Diffraction*

Dari hasil test *X-Ray Diffractometer* (lihat tabel 6) untuk lempung asli dan lempung dengan campuran kapur menunjukkan bahwa peningkatan prosentase kapur pada clay liner oleh leachate basa tidak banyak mempengaruhi perubahan jenis mineral yang terdapat didalam clay liner, dimana mineral yang dominan adalah Felds,Chlor, Quartz dan yang tidak dominan tetapi sering ditemukan adalah Illite, Kaolinite, Carb. dan Montmorillonite.

ISBN 978-602-99334-9-9

**Tabel 6. Hasil pengujian X-Ray Diffraction**

| Perlakuan benda Uji | Mineral Dominan | Mineral Tidak dominan |
|---|---|---|
| Serbuk kering | Kaolinite dan Quartz | Kaolinite, Illite |
| Lempung sebelum direndam | Illite, Mica dan Quartz | Kaolinite, Illite |
| Lempung Rendaman | Illite, Mica dan Quartz | Illite, Chlor, Mont, Kaol |
| Tanah asli + Kapur 8% | Chlor, Quartz | Illite, Carb., Kaol. |
| Tanah asli + Kapur 10% | Felds. | Chlor., Kaol., Illite |
| Tanah asli + Kapur 12% | Felds. | Illite, Kaol., Mont. |

## 4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS tanah digolongkan daerah OH (Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi).
2. Dari hasil pengujian mengenai karakteristik fisik dan mekanik penambahan kapur berpengaruh terhadap peningkatan perbaikan karakteristik fisik dan mekanik tanah asli. Komposisi penambahan kapur terbaik terhadap tanah asli adalah komposisi dengan campuran 100% Tanah Asli : 12% kapur.
3. Berdasarkan hasil k yang diperoleh dan dibandingkan dengan k pada *Standard Design Liner Of Landfill* (sebesar $1.10^{-7}$ cm/det), maka campuran kapur belum memenuhi standart.
4. Penambahan prosentase kapur pada tanah asli sebagai clay liner tidak memperkecil kadar pH pada liner tersebut (membuat clay liner campuran tersebut bersifat basa). Sedangkan penambahan prosentase kapur pada tanah asli sebagai clay liner juga akan meningkatkan kadar COD pada liner tersebut.
5. Hasil test *X-Ray Diffractometer* untuk lempung asli dan lempung dengan campuran kapur pada clay liner oleh *leachate* basa tidak banyak mempengaruhi perubahan jenis mineral yang terdapat didalam *clay liner*, dimana mineral yang dominan adalah Felds dan yang tidak dominan adalah Illite, Kaolinite, Carb. dan Montmorillonite.

## DAFTAR PUSTAKA


Bagchi, Amalendu (1994), *Design, Construction and Monitoring of Landfills***,** 2nd Ed., A Wiley-Interscience Publication, New York.

Mochtar, N. E., (2001), Perubahan Kandungan Kimia dan Orientasi Partikel Clay Liner Akibat Rembesan Leachate Sampah Perkotaan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, ITS, Surabaya

Ratna Yuniarti dan Tri Sulistyowati, (2006), Potensi Penggunaan Limestone sebagai Filter pada Konstruksi Sanitary Landfill, *Jurnal Purifikasi*, Vol. &, No.2, pp. 115-120.

Ratna Yuniarti dan Tri Sulistyowati, (2011), Perubahan Karakteristik Tanah Lempung sebagai Clay Liner pada Konstruksi Sanitary Landfill Akibat Rembesan Leachate Hasil Filtrasi Limestone, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Vol. 11 No. 1

Sudjianto, A.T., (2008), Perilaku Rembesan Leachate pada Dasar Clay Liner di LPA Supit Urang Kota Malang, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 8 No. 2, pp. 148-158.

Suryo, Eko Andi (2005*)*, Pengaruh Lama Perendaman Leachate Asam Sampah Perkotaan Terhadap Susunan Butiran Lempung Dan Hydraulic Conductivity Dw Clay Liner Dengan Kepadatan Bervariasi, *Thesis*, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya.