

## Studi Penurunan Kekuatan Geser Tanah Lempung Indramayu Akibat Pupuk Kimia

Ilyas Suratman<sup>1)</sup>  
M. Asrurifak<sup>2)</sup>

### Abstrak

Revolusi hijau yang dimulai tahun 1960 dan masuk ke Indonesia tahun 1972, telah dapat menanggulangi ancaman kekurangan pangan global, tapi efek samping dari pelaksanaannya juga bisa dirasakan saat ini yaitu keseimbangan ekosistem alam. Pemberian pupuk kimia yang terus-menerus dan tidak terkontrol telah banyak merubah komposisi tanah sehingga perilaku tanah juga ikut berubah. Untuk itulah penelitian ini dibuat, yaitu mengetahui pengaruh kandungan pupuk kimia dalam tanah terhadap kuat geser tanah.

Contoh tanah diambil dari salah satu daerah rawan longsor di Jawa Barat yaitu Indramayu. Jenis tanah adalah lempung dengan kadar halloysite 45,92 montmorillonite 25,34%, specific gravity 2,58, batas cair (LL) 74,26% dan Indeks Plastisitas 46,39%. Contoh tanah yang diuji dibuat dengan kadar air optimum dan jenis pupuk kimia yang digunakan adalah Urea, TSP dan NPK dengan kadar 0,01%, 0,1%, 0,5% dan 1%, serta masa pemeraman 0, 1, 3, 7, dan 14 hari. Pengujian kuat geser tanah yang dipakai adalah kuat tekan bebas (UCS) dan sebagai kontrolnya digunakan triaxial UU.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya kandungan pupuk kimia dalam tanah telah mempengaruhi plastisitas dan kuat geser tanah. Pengaruh kuat geser tanah yang terjadi akibat pupuk kimia ini adalah semakin banyak kandungan pupuk kimia dalam tanah maka semakin menurun nilai kuat geser tanah tersebut dan penurunan ini bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman. Penurunan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terbesar terjadi pada tanah yang mengandung pupuk TSP, disusul oleh tanah yang mengandung pupuk Urea, kemudian tanah yang mengandung pupuk NPK.

**Kata-kata Kunci:** Revolusi hijau, pupuk kimia, plastisitas, kuat geser.

### Abstract

Green revolution which is started on 1960 and came into Indonesia on 1972, have earned to overcome threat lacking of global food, but side effects of its execution also can be felt in this time that is balance of natural ecosystem. Using of chemical fertilizer continuously without controlled have been changed soil composition so that behavior of the soil also follow to change. To that's this research is made, that is knowing effects of chemical fertilizer content in the soil to shear strength of soil.

Samples of soil taken from land one of the gristle slide area in West Java that is Indramayu's clay. Type of soil is clay with rate 45,92% Halloysite, 25,34% montmorillonite, specific gravity 2,58, liquid limit (LL) 74,26% and Plasticity Index 46,39%. Samples of soil made with optimum water content and chemical fertilizer type used are Urea, TSP and NPK with rate 0,01%, 0,1%, 0,5% and 1%, and period of curing 0, 1, 3, 7 and 14 day. Shear strength test for samples used unconfined compression test (UCS) and UU Triaxial test used as control.

Resulting from this research indicate that with existence of chemical fertilizer content in the soil have change plasticity and strength of soil. Shear strength effect of soil that happened from this chemical fertilizer is more chemical fertilizer content in soil more reduce value of shear strength progressively and this degradation increase along with increasing time of curing. Degradation of value of  $q_u$  biggest happened on soil with TSP, caught up by soil with Urea, then soil with NPK.

**Keywords:** Green revolution, chemical fertilizer, plasticity, shear strength.

---

1. Staf KK Geoteknik, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan-ITB.  
2. Mahasiswa Program Doktor Geoteknik ITB.

**Catatan :** Usulan makalah dikirimkan pada 4 Agustus 2006 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 7 Agustus 2006 - 21 Nopember 2006. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 27 Nopember 2006 hingga 12 Januari 2007.

## **1. Pendahuluan**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejarah telah mencatat bahwa revolusi hijau yang dimulai tahun 1960 dan masuk ke Indonesia tahun 1972 telah banyak menyelamatkan umat manusia dari bahaya kelaparan. Yang dimaksud revolusi hijau adalah perubahan pola budi daya tanaman berdasarkan efisiensi untuk meningkatkan hasil-hasil pertanian. Untuk itu telah dipakai pupuk kimia dengan dosis tinggi, mekanisasi, penggunaan bibit unggul dan penanggulangan hama dengan pestisida. Dalam pelaksanaannya, revolusi hijau ini telah dapat menanggulangi ancaman kekurangan pangan global, tapi efek samping dari pelaksanaannya juga bisa dirasakan saat ini yaitu keseimbangan ekosistem alam. Pemberian pupuk kimia yang terus-menerus telah banyak merubah komposisi tanah sehingga perilaku tanah juga ikut berubah.

Bencana gerakan tanah atau longsor sering terjadi akhir-akhir ini dan telah banyak dibahas oleh ahli-ahli geoteknik, dimana dianggap penyebab terbesar terjadinya bencana ini adalah penebangan tanaman yang tidak terkontrol, sehingga pada waktu turun hujan terjadi gerakan tanah atau longsor. Pada dasarnya terjadinya gerakan tanah ini disebabkan oleh meningkatnya tegangan geser tanah atau menurunnya kekuatan geser tanah.

Tegangan efektif dalam tanah merupakan salah satu bagian penting dalam ilmu geoteknik. Tegangan ini pada setiap kedalaman merupakan komponen dari tegangan akibat kondisi tanah, tekanan air dan tegangan akibat beban luar yang bekerja, dimana faktor yang mempengaruhi kondisi tanah tersebut adalah : komposisi, tekstur, serta berat jenis tanah itu sendiri. Akibat komposisi atau kandungan tanah yang berbeda-beda inilah maka, tanah mempunyai perilaku yang berbeda-beda dalam menerima air. Dengan adanya perubahan perilaku tanah akibat kandungan pupuk kimia dalam tanah ini maka perlu diadakan penelitian-penelitian, sehingga bisa diketahui hubungan antara kandungan pupuk kimia dalam tanah dan kekuatan geser tanah.

### **1.2 Maksud dan Tujuan**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh kandungan pupuk kimia dalam tanah terhadap perilaku tanah dengan melakukan pengujian sifat fisik seperti analisa saringan & hidrometer, berat jenis dan batas-batas Atterberg serta pengujian mekanis seperti pemadatan, kuat tekan bebas (UCS) dan triaxial UU.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kandungan pupuk kimia dalam tanah

terhadap perilaku tanah terutama kuat geser tanah sehingga bisa dipakai sebagai peringatan dini terhadap pemakai pupuk kimia dilapangan, terutama pada daerah-daerah rawan longsor seperti daerah lereng.

### **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Pembahasan dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

- a) Pengkajian tentang kandungan unsur-unsur kimia dalam pupuk : Urea, TSP dan NPK serta peranannya apabila berada dalam campuran tanah.
- b) Penelitian dilakukan pada contoh tanah yang masuk dalam salah satu daerah rawan longsor di Jawa Barat yaitu Kabupaten Indramayu. Contoh tanah ini dicampur dengan pupuk kimia dengan kandungan pupuk: 0%, 0,01%, 0,1%, 0,5%, dan 1% dari berat kering tanah. Dari contoh tanah dengan kandungan pupuk kimia yang beragam diatas dilakukan pengujian sifat fisik tanah, dan pengujian sifat mekanis tanah.
- c) Pengujian sifat fisik tanah terdiri dari analisa ayakan dan hydrometer, berat jenis serta batas-batas Atterberg, sedangkan pengujian sifat mekanis tanah meliputi pengujian kepadatan, kuat tekan bebas (UCS) dan triaxial UU. Pengujian ini dilakukan terhadap contoh tanah dalam kondisi tanpa pupuk kimia (tanah asli) dan dalam kondisi tanah yang mengandung pupuk kimia, sehingga diperoleh parameter-parameter yang bisa untuk mengetahui perbedaan kondisi tanah tersebut.

### **1.4 Metodologi Penelitian**

Metode yang akan digunakan dalam penelitian serta tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Mempelajari kandungan unsur-unsur kimia pupuk serta peranannya bila bercampur dengan tanah.
- 2) Pengambilan sampel tanah dari salah satu daerah rawan longsor di Jawa Barat (data Informasi Banjir dan Tanah Longsor, Kementerian lingkungan Hidup), yaitu daerah Indramayu.
- 3) Melakukan pengujian sifat kimia tanah asli sehingga bisa diketahui jenis tanah yang akan diuji.
- 4) Melakukan pengujian sifat-sifat fisik tanah (analisa saringan dan hidrometer, berat jenis, batas-batas Atterberg) dan mekanis tanah (pemadatan, kuat tekan bebas / UCS) terhadap tanah yang tidak mengandung pupuk kimia sebagai dasar acuan kondisi asal.

- 5) Melakukan pengujian sifat-sifat fisik tanah (analisa saringan dan hidrometer, berat jenis, batas-batas Atterberg) dan mekanis tanah (pemadatan, kuat tekan bebas / UCS) terhadap tanah yang mengandung pupuk kimia dengan kadar masing-masing jenis pupuk kimia (Urea, TSP dan NPK) sebesar 0%, 0,01%, 0,1%, 0,5% dan 1% dari berat kering tanah.
- 6) Menganalisa serta membandingkan hasil-hasil pengujian dari contoh tanah yang mengandung pupuk kimia dengan contoh tanah yang tanpa pupuk kimia.

Pedoman pengujian yang dilakukan adalah sbb:

- ⇒ Berat jenis (*specific gravity*) (ASTM D 854 - 92)
- ⇒ Kadar air (*water content*) (ASTM D 2216 - 92)
- ⇒ Distribusi butiran, yaitu:
  - Analisa saringan (ASTM D 421 - 85)
  - Hidrometer (ASTM D 422 - 63)
- ⇒ Batas-batas Atterberg (ASTM D 4318 - 95)
- ⇒ Kuat Tekan Bebas (ASTM D 2166 - 91)
- ⇒ Triaxial UU (ASTM D 2850 - 95)

Semua kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah ITB, kecuali untuk uji sifat kimia tanah dan uji difraksi sinar X yang dilaksanakan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik Bandung.

## 2. Pupuk Kimia

### 2.1 Unsur utama pupuk kimia

Pupuk kimia yang dimaksud adalah pupuk buatan yang sengaja dibuat manusia secara kimia untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur-unsur kimia demi pertumbuhannya. Unsur-unsur utama dalam pupuk kimia ini adalah Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Jenis pupuk yang mengandung satu unsur utama disebut *pupuk tunggal*. Contoh jenis pupuk yang kandungan utamanya Nitrogen yang dijual dipasaran adalah pupuk urea, contoh jenis pupuk yang kandungan utamanya Fosfor yang dijual dipasaran adalah pupuk TSP. Sedangkan pupuk yang mengandung lebih dari dua unsur kimia disebut *pupuk majemuk*. Pupuk majemuk ini kandungan kimianya adalah Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Contoh jenis pupuk majemuk yang dijual dipasaran adalah NPK.

### 2.2 Pupuk urea

Rumus kimia pupuk urea adalah  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Urea ini termasuk pupuk yang higroskopis (mudah menarik uap air). Pada kelembapan 73% ia sudah menarik uap air dari udara. Oleh karena itu ia mudah larut dalam air. Efek segera pupuk ini didalam tanah adalah kearah basa walaupun sisanya cenderung merendahkan pH tanah.

Kandungan pupuk urea (Petrokimia Gresik) adalah : Nitrogen : 46% min dan kadar air : 0,5% max, bentuk butiran tidak berdebu, dengan warna putih kristal. Penggunaan pupuk urea ini langsung disiramkan ke tanaman dalam bentuk butiran atau dilarutkan dengan air dahulu baru disiramkan. Dosis yang dipakai berbeda-beda yaitu antara 25 – 1000 kg/ha sesuai dengan kebutuhan dan jenis tanaman.

### 2.3 Pupuk TSP (SP-36 produksi Petrokimia Gresik)

Pupuk Superfosfat tunggal / TSP dikenal pula dengan sebutan Enkel-superfosfat, disingkat ES. Bentuk kimia pupuk ini adalah  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Pupuk ini untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur hara Fosfor. Unsur hara Fosfor yang terdapat dalam pupuk TSP hampir seluruhnya dapat larut dalam air. Pupuk ini juga bersifat netral, sehingga tidak mempengaruhi kemasaman tanah dan tidak mudah menghisap air, sehingga dapat disimpan cukup lama dalam kondisi penyimpanan yang baik.

Kandungan unsur kimia pupuk TSP (SP-36 Produksi Petrokimia Gresik) adalah:  $\text{P}_2\text{O}_5$  total : 36%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  tersedia: 34% (tersedia = fosfat yang mudah memacu pertumbuhan tanaman),  $\text{P}_2\text{O}_5$  larut air : 30%, bentuk butiran dengan warna keabu-abuan. Penggunaan pupuk ini pada tanaman semusim sebagai pupuk dasar sedangkan untuk tanaman tahunan diberikan pada awal atau akhir musim hujan atau segera setelah panen. Dosis yang dipakai bervariasi antara 50-1000 g/ph.

### 2.4 Pupuk NPK

Unsur-unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) didalam tanah tidak cukup tersedia dan terus berkurang karena diambil untuk pertumbuhan tanaman. Untuk mencukupi kekurangan unsur hara N, P dan K perlu diadakan pemupukan dengan jenis pupuk majemuk yaitu pupuk NPK yang didalamnya mengandung unsur-unsur utama N, P dan K.

Penggunaan pupuk NPK ini bervariasi tergantung jenis dan umur tanaman. Pemakaian pupuk ini bisa memberikan pemupukan yang berimbang, sehingga dapat meningkatkan produksi dan mutu hasil pertanian.

## 3. Reaksi Pupuk Kimia dalam Tanah

Penggunaan pupuk kimia dilapangan biasanya didasarkan pada kebutuhan bahan-bahan yang diperlukan untuk konsumsi tanaman. Untuk bisa menyesuaikan kebutuhan akan unsur-unsur yang diperlukan tanaman, maka pengguna pupuk kimia harus memahami ilmu tentang pemupukan. Apabila pemupukan tidak tepat guna, maka residu dari pupuk kimia tersebut akan diterima oleh tanah dan bereaksi

dengan tanah. Akibat dari penambahan bahan-bahan kimia dari residu pupuk yang diterima oleh tanah yang terus-menerus maka sifat dan perilaku dari tanah bisa berubah.

### 3.1 Reaksi pupuk yang mengandung amonium ( $\text{NH}_4$ ).

Urea adalah salah satu jenis pupuk kimia yang unsur utamanya adalah amonium ( $\text{NH}_4$ ). Baik fraksi tanah organik maupun fraksi tanah anorganik mampu mengikat (memfiksasi) amonium ( $\text{NH}_4$ ). Berbagai mineral lempung dengan tipe struktur 2:1 mampu mengikat ion-ion  $\text{NH}_4$ . Vermikulit mempunyai kemampuan paling besar, lalu illite dan montmorillonite. Mineral ini mempunyai muatan negatif yang menarik kation ke permukaan dalam antara kristal-kristalnya. Kebanyakan kation yang ditarik oleh muatan yang berlainan itu dapat bebas keluar masuk dari dan ke kisi-kisi kristal.

Pada umumnya fiksasi  $\text{NH}_4$  oleh mineral lempung lebih banyak terjadi dalam subsoil dari pada dalam topsoil, karena kandungan lempung subsoil lebih banyak bila dibandingkan dengan kandungan lempung yang ada pada topsoil. Dalam beberapa hal fiksasi ini dapat dianggap keuntungan, karena ini berarti pengawetan nitrogen tanah, karena unsur ini diperlukan oleh tanaman. Tetapi bila dilihat dari perubahan sifat tanah tersebut, dimana dengan adanya fiksasi ini maka terjadi perubahan unsur mineral tanah sehingga dengan adanya perubahan unsur mineral tanah tersebut maka perilaku dari tanah itu juga ikut berubah.

### 3.2 Reaksi pupuk yang mengandung fosfor

Pupuk TSP adalah suatu jenis pupuk kimia yang banyak mengandung fosfor. Pengikatan (fiksasi) fosfor oleh lempung biasanya terjadi bila keadaan tanah dalam kondisi asam, jenis mineral silikat yang bisa melakukan fiksasi ini adalah kaolinite, montmorillonite dan illite. Meskipun masih ada keraguan tentang mekanisme terjadinya, tetapi efeknya sangat penting, sama dengan kalau fosfor difiksasi oleh senyawa besi dan aluminium. Beberapa penelitian menggambarkan fiksasi fosfat oleh mineral silikat sebagai suatu reaksi antara kelompok OH yang ada pada kristal mineral tanah dan ion-ion  $\text{H}_2\text{PO}_4$ .

### 3.3 Reaksi pupuk yang mengandung kalium

Pada jenis pupuk kimia yang unsur utamanya Kalium (K), terjadinya fiksasi kalium terhadap tanah sampai sekarang belum dipahami dengan jelas, tetapi telah diketahui dengan pasti bahwa ada berbagai faktor yang mempengaruhi jumlah kalsium yang bisa difiksasi oleh tanah yaitu:

- 1) Sifat koloida tanah.

- 2) Pembasahan dan pengeringan.
- 3) Pembekuan dan pencairan.
- 4) Adanya kapur yang tersedia.

## 4. Cation Exchange Capacity

Koloida tanah memiliki muatan listrik negatif. Dalam suatu kristal yang ideal, muatan-muatan negatif dan positif adalah seimbang. Namun akibat isomorphous substitution dan kontinuitas perpecahan susunannya, terjadi muatan negatif pada permukaan lempung. Untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, koloida-koloida tanah menarik ion yang bermuatan positif (kation) dari garam yang ada di dalam air porinya. Peristiwa ini disebut dengan pertukaran kation (*cation exchange*). Pergeseran kation-kation ini biasanya tergantung pada:

- a) Valensi dari kation.

Kation dengan valensi lebih besar akan menggeser kation bervalensi yang lebih kecil. Kation-kation dapat disusun dalam urutan menurut kekuatan daya tarik-menariknya, sebagai berikut :  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{H}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$ . Urutan tersebut memberi arti bahwa ion  $\text{Al}^{3+}$  dapat mengganti ion  $\text{Ca}^{2+}$ , ion  $\text{Ca}^{2+}$  dapat mengganti ion  $\text{Na}^+$  dan seterusnya. Proses ini disebut pertukaran kation.

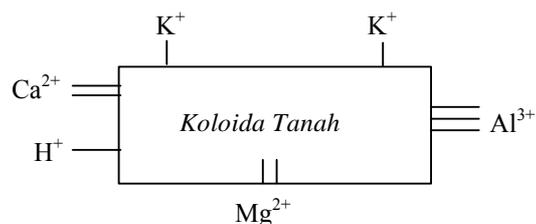
- b) Ukuran ion

Ion dengan ukuran lebih kecil cenderung untuk menggeser ion dengan ukuran yang lebih besar.

- c) Konsentrasi kation.

Besarnya konsentrasi dari kation-kation tersebut dapat menyebabkan ketentuan pada poin a) tidak berlaku. Jadi kation dengan valensi rendah dapat menggeser kation dengan valensi yang lebih tinggi secara mass action disebabkan konsentrasi yang tinggi dari kation yang bervalensi lebih rendah tersebut.

Skema di bawah ini menggambarkan sebuah koloida tanah dengan 10 muatan negatif yang digambarkan dengan 10 tangan. Kesepuluh tangan ini akhirnya diisi oleh 10 kation dari empat jenis unsur.



Gambar 4.1. Koloida tanah, memiliki 10 muatan negatif yang diisi oleh 10 kation dari empat unsur

**Tabel 4.1. Nilai CEC tanah lempung sesuai kandungan mineralnya (Skempton, 1953)**

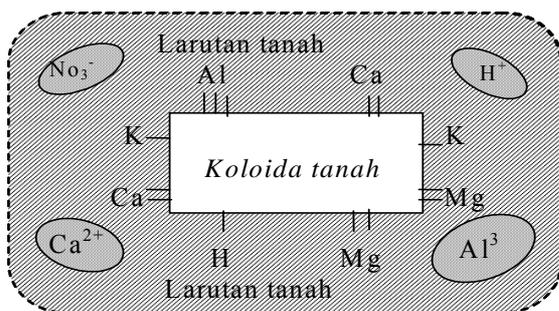
Clay Mineral	CEC (meq/100g)
Kaolinite	3 – 15
Illite	10 – 40
Montmorillonite	80 – 150

Cation Exchange Capacity (CEC) tanah lempung didefinisikan sebagai jumlah pertukaran ion-ion yang dinyatakan dalam miliekivalen per 100 gram lempung kering. Berikut ini adalah Tabel yang menyaajikan nilai CEC untuk beberapa mineral lempung.

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa lempung dengan mineral *montmorillonite* memiliki nilai CEC terbesar bila dibandingkan dengan lempung dengan kandungan moneral *Kaolinite* ataupun *Illite*.

Daya tarik-menarik dari ion-ion dalam tanah dapat dianalogikan seperti kutub negatif magnet menarik dan memegang kutub positif magnet lainnya. Kation yang telah melekat pada koloid tanah tidak mudah tercuci oleh aliran air. Namun, kation atau anion yang berada pada larutan tanah sangat mudah hanyut terbawa air. Pertukaran kation yang terjadi didalan tanah dapat dijelaskan secara skematik pada gambar di bawah.

Pada gambar tersebut di bawah terdapat satu kolida tanah dan larutan tanah disekelilingnya. Pada koloida tanah tersebut telah melekat beberapa kation. Pada larutan tanah juga terlarut kation dan anion lain. Ion-ion ini dapat bersal dari pupuk kimia atau yang lainnya. Pertukaran kation dapat terjadi jika satu kation yang berasal dari larutan tanah menggantikan kation pada koloida tanah. Pertukaran ini hanya terjadi jika larutan tanah berada dalam keadaan tidak seimbang dengan koloida tanah. Larutan tanah dan koloida tanah sangat jarang berada dalam keadaan seimbang antara satu dengan yang lainnya. Selalu saja terjadi perubahan yang disebabkan oleh tercucinya kation kelapisan tanah yang lebih dalam akibat aliran air atau beberapa kation diserap oleh tanaman. Dari proses ini terbentuk keseimbangan baru setelah kation yang berada dikoloid dan larutan tanah bertukar tempat.



**Gambar 4.2. Pertukaran kation yang terjadi di dalam tanah. Dapat terjadi jika tidak ada keseimbangan antara koloida tanah dan larutan tanah**

## 5. Hasil Penelitian dan Analisa Data

Hasil penelitian dan analisisnya meliputi pengujian terhadap tanah asli dan pada tanah yang mengandung pupuk kimia dengan kadar yang berbeda-beda. Pada penelitian ini perlakuan yang sama diberikan pada semua kondisi tanah baik pada tanah asli mahupun tanah yang telah dicampur dengan pupuk kimia, sehingga diharapkan hasilnya bisa dibandingkan.

### 5.1 Komposisi kimia dan mineral tanah

Hasil analisa kimia dan mineral tanah lempung Indramayu yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik adalah seperti terlihat pada tabel di bawah.

Dari tabel hasil analisa mineral tanah tersebut diatas dapat dilihat bahwa tanah lempung Indramayu mempunyai empat komponen mineral utama yang yaitu: Montmorilonite, Halloysite, Alpha Quartz dan Maghemite. Dari keempat mineral tersebut yang paling banyak dikandung oleh tanah lempung Indramayu adalah Halloysite. Halloysite adalah mineral yang tidak berkrystal berasal dari magma letusan gunung berapi. Pada kondisi tropis yang humid, mineral yang terdeposit tanpa kristalin ini dapat cepat mengalami perubahan menjadi allophane. Allophane inilah yang sedikit demi sedikit berubah menjadi halloysite setelah beradaptasi dengan alam sekitar berupa air, ion bebas dan bahan organik yang ada. Struktur molekuler halloysite serupa dengan stuktur Kaolinite. Montmorilonite yang merupakan suatu jenis mineral dengan daya mengembang yang tinggi dan mudah menarik air. Kandungan mineral montmorilonite yang menempati posisi kedua setelah halloysite dalam tanah juga akan mempengaruhi perilaku dari tanah tersebut, maka kalau dilihat dari komposisi mineral tersebut diatas maka tanah

**Tabel 5.1. Hasil analisa kimia tanah lempung Indramayu**

Komponen	Kadar, % berat
SiO <sub>2</sub> (Silika Dioksida)	58,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alumunium Peroksida)	16,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ferri Peroksida)	6,02
TiO <sub>2</sub> (Titanium Dioksida)	0,92
CaO (Calsium Monoksida)	1,31
MgO (Magnesium Monoksida)	1,48
Na <sub>2</sub> O (Natrium Monoksida)	0,28
K <sub>2</sub> O (Kalium Monoksida)	1,18
HP (Hilang Pijar)	14,18

**Tabel 5.2. Hasil analisa mineral lempung Indramayu**

Komposisi Mineral	Kadar, % berat
Montmorilonite	25,34
Halloysite	45,92
Alpha Quartz	23,03
Maghemite	5,69

lempung Indramayu mempunyai daya mengembang yang sedang atau tanah lempung Indramayu mempunyai sifat yang aktif yang sedang.

**5.2 Sifat fisik tanah asli**

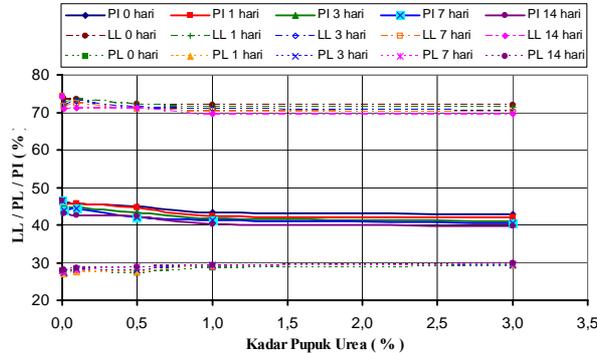
Hasil pengujian dari sifat fisik tanah asli bisa dilihat pada **Tabel 5.3**. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah asli ini bila diklasifikasikan menurut AASHTO masuk dalam katagori A-7-6 dan bila diklasifikasi menurut USCS masuk kelompok CH atau lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk (*fat clay*).

**5.3 Plastisitas tanah akibat pupuk kimia**

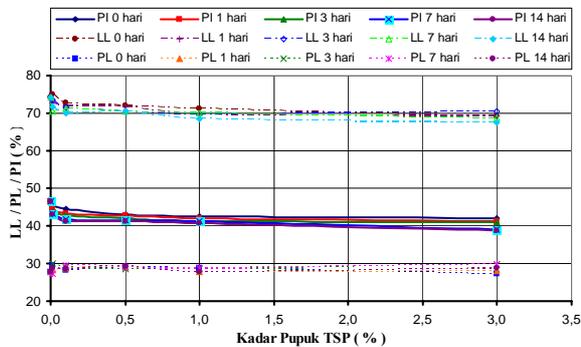
Hasil pengujian Atterberg limit untuk batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (PI) dari masing-masing jenis pupuk pada umur peram yang berbeda-beda dan kadar yang berbeda-beda bisa dilihat pada gambar-gambar berikut.

**Tabel 5.3. Data hasil pengujian sifat fisik tanah asli**

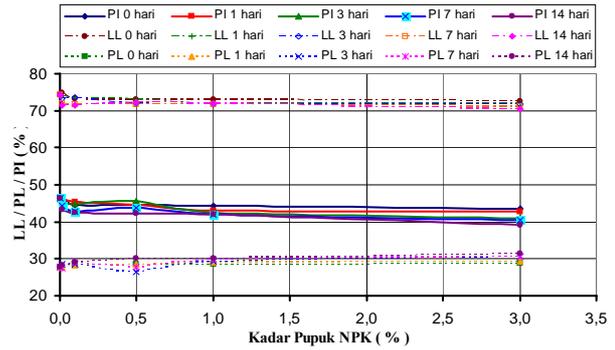
Jenis Uji	Nilai
1. <i>Specific gravity</i> (Gs)	2,58
2. Batas cair (LL)	74,26 %
3. Batas plastis (PL)	27,86 %
4. Indeks plastisitas (PI)	46,39 %
5. Lolos saringan no: 200	89,90 %
6. Prosentase fraksi lempung	20 %



**Gambar 5.1. Grafik hubungan antara kandungan urea dengan perubahan nilai LL, PL & PI pada umur 0, 1, 3, 7 dan 14 hari**



**Gambar 5.2. Grafik hubungan antar kandungan TSP dengan perubahan nilai LL, PL & PI pada umur 0, 1, 3, 7 dan 14 hari**

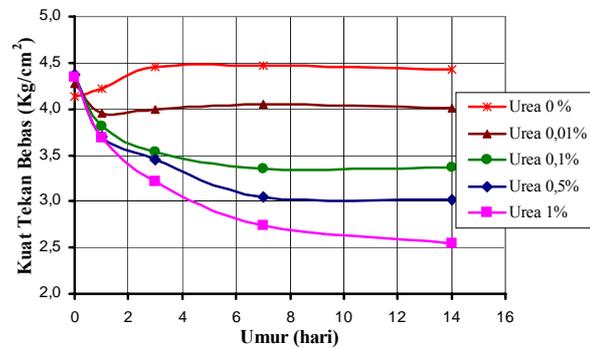


**Gambar 5.3. Grafik hubungan antara kandungan NPK dengan perubahan nilai LL, PL & PI pada umur 0, 1, 3, 7 dan 14 hari**

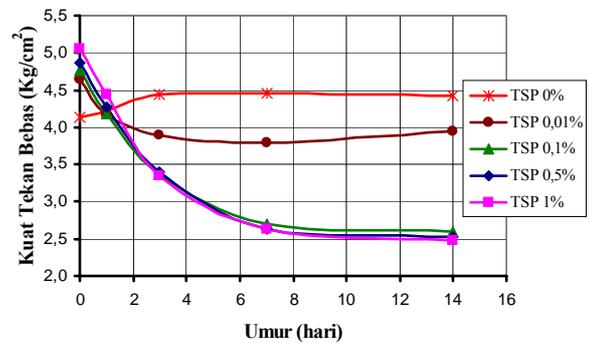
Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa secara umum terjadi penurunan indek plastisitas tanah akibat penambahan pupuk kimia hal ini disebabkan adanya penurunan nilai LL dan sedikit penambahan nilai PL, penurunan ini bertambah seiring dengan lamanya waktu pemeraman.

**5.4 Kuat tekan bebas**

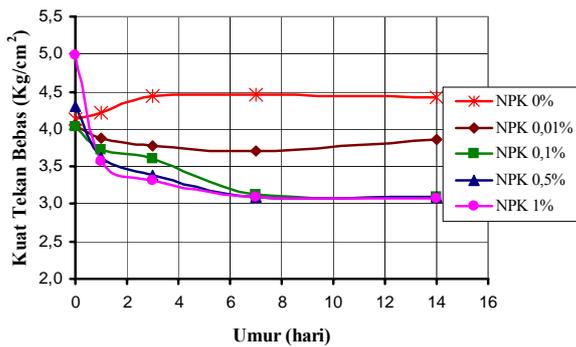
Data-data hasil penelitian nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah asli mahupun tanah yang sudah dicampur dengan pupuk kimia dengan kandungan yang berbeda-beda dan pada masa pemeraman yang berbeda-beda dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.4. Grafik hubungan antara besarnya kuat tekan bebas terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar Urea yang berbeda-beda**



**Gambar 5.5. Grafik hubungan antara besarnya kuat tekan bebas terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar TSP yang berbeda-beda**



**Gambar 5.6. Grafik hubungan antara besarnya kuat tekan bebas terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar NPK yang berbeda-beda**

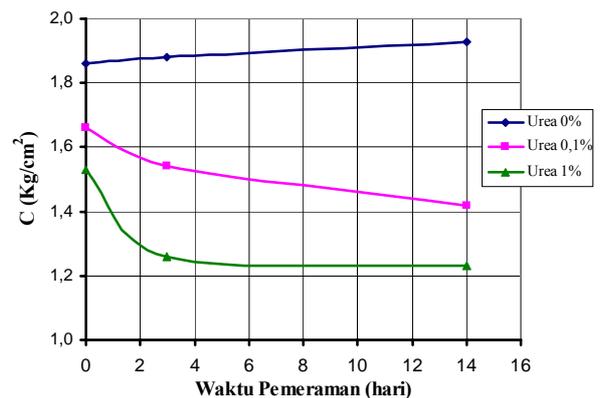
Dari Gambar diatas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) pada tanah yang diberi pupuk kimia. Semakin banyak kandungan pupuk kimia didalam tanah maka semakin besar penurunan nilai kuat tekan bebasnya, juga semakin lama masa pemeraman sampel tanah tersebut semakin besar pula penurunan nilai kuat tekan bebasnya. Penurunan terbesar terjadi pada tanah yang mengandung pupuk TSP, disusul dengan tanah yang mengandung pupuk Urea.

Hal ini terjadi karena adanya reaksi kimia pada koloida tanah dan ion-ion dari pupuk kimia, dimana terjadi penambahan kation dan atau pertukaran ion-ion yang ada pada koloida tanah yang biasnya selalu dalam keadaan yang kurang stabil seperti yang telah dijelaskan dimuka. Kondisi semacam ini memungkinkan ion-ion pada pupuk Urea yang mempunyai rumus kimia  $CO(NH_2)_2$  dan mempunyai kation  $NH_4^+$ , ion-ion pada pupuk TSP yang mempunyai rumus kimia  $Ca(H_2PO_4)_2$  dan mempunyai kation  $P^{5+}$  dan ion  $H_2PO_4^-$ , serta ion-ion pada pupuk NPK yang mempunyai ion-ion  $NH_4^+$ ,  $H_2PO_4^-$  dan  $K^+$ .

Dengan adanya penambahan dan atau pertukaran ion tersebut maka ikatan antara mineral tanah semakin lemah sehingga nilai kuat geser tanah tersebut menjadi turun.

### 5.5 Triaxial UU

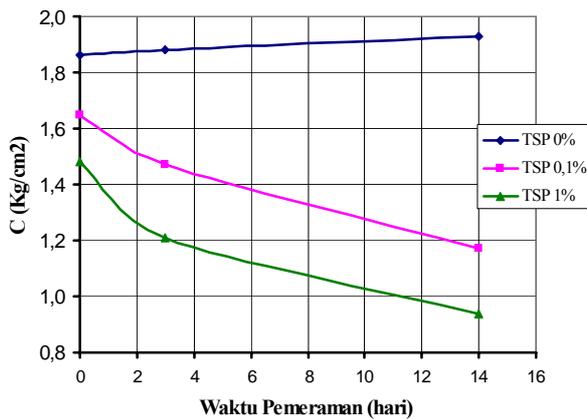
Pengujian triaxial UU ini dilakukan untuk melihat perubahan parameter kuat geser tanah ( $C$ ) dan sudut geser dalam ( $\Phi$ ). Dalam pelaksanaan pengujian triaxial UU ini kadar air contoh tanah yang digunakan adalah kondisi kadar air mendekati  $W_{opt}$ . Hal ini dilakukan karena pada pengujian triaxial UU ini digunakan sebagai pembanding dari hasil pengujian sebelumnya yaitu pengujian kuat tekan bebas (UCS), dimana pada pengujian UCS ini kadar air yang digunakan adalah kondisi optimum. Hasil-hasil dari pengujian triaxial ini bisa dilihat pada Tabel 5.4, Sedangkan grafik hubungan antara besarnya kohesi tanah ( $C$ ) terhadap lama pemeraman untuk berbagai macam jenis pupuk kimia dapat dilihat pada gambar berikut.



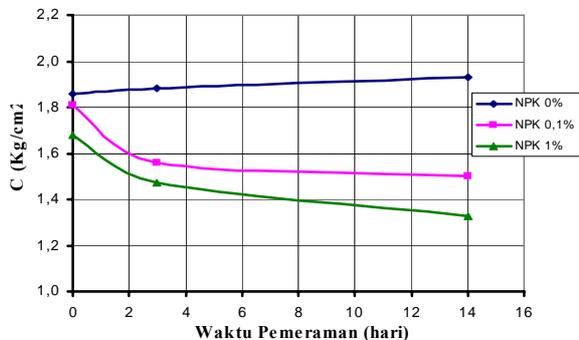
**Gambar 5.7. Grafik hubungan antara besarnya kohesi (C) terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar Urea yang berbeda-beda**

**Tabel 5.4. Data hasil pengujian Triaxial UU pada tanah asli dan tanah yang mengandung pupuk kimia**

Jenis Pupuk	Kadar (%)	0 hari		3 hari		14 hari	
		$\Phi$	C Kg/cm <sup>2</sup>	$\Phi$	C Kg/cm <sup>2</sup>	$\Phi$	C Kg/cm <sup>2</sup>
Urea	0	8,00	1,86	8,00	1,88	7,00	1,93
	0,1	4,00	1,66	6,00	1,54	10,00	1,42
	1	9,00	1,53	9,00	1,26	9,00	1,23
TSP	0	8,00	1,86	8,00	1,88	7,00	1,93
	0,1	9,00	1,65	7,00	1,47	6,00	1,17
	1	13,00	1,48	12,00	1,21	15,00	0,94
NPK	0	8,00	1,86	8,00	1,88	7,00	1,93
	0,1	8,00	1,81	8,00	1,56	12,00	1,50
	1	10,00	1,68	9,00	1,47	9,00	1,33



Gambar 5.8. Grafik hubungan antara besarnya kohesi (C) terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar TSP yang berbeda-beda



Gambar 5.9. Grafik hubungan antara besarnya kohesi (C) terhadap masa pemeraman untuk tanah dengan kadar NPK yang berbeda-beda

Dari gambar hubungan antara besarnya kohesi (C) terhadap masa pemeraman diatas terlihat bahwa parameter geser tanah (C) untuk tanah yang mengandung pupuk kimia mengalami penurunan bila kadar pupuk kimia dalam tanah tersebut semakin besar, dan bila semakin lama masa pemeraman tanah tersebut dilakukan maka nilai kohesi tanah (C) itu juga mengalami penurunan, penurunan terbesar terjadi pada tanah yang mengandung pupuk TSP disusul oleh tanah yang mengandung pupuk Urea dan NPK. Hal ini sama seperti yang terjadi pada pengujian UCS.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Tanah Indramayu yang digunakan untuk penelitian ini adalah termasuk jenis tanah lempung dengan kandungan montmorilonite 25,34%, batas cair (LL) 74,26%, indeks plastisitas (PI) 46,39% dengan specific gravity 2,58. Dari data hasil pengujian di Laboratorium dan dari keseluruhan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan yang bisa diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Nilai Indeks plastisitas tanah setelah dicampur dengan pupuk kimia mengalami penurunan yang berkisar antara 5% hingga 10%
2. Pengujian kuat tekan bebas (UCS) pada tanah yang mengandung pupuk kimia menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan pupuk kimia dalam tanah tersebut, maka nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah itu semakin menurun. Penambahan TSP 0,1%, NPK 0,5% atau urea 1% telah menurunkan kekuatan tekan tanah hingga 33% pada waktu yang berkisar antara 7 hingga 10 hari.
3. Pada pengujian triaxial, nilai C tanah yang mengandung pupuk kimia menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan pupuk kimia dalam tanah tersebut, maka nilai C tanah itu semakin menurun. Penurunan ini juga bertambah besar seiring dengan bertambah lamanya masa pemeraman tanah tersebut. Hal ini sama dengan yang terjadi pada pengujian kuat tekan bebas (UCS), penurunan kohesi tanah hingga 33% pada penambahan pupuk TSP 0,1% dst. Sedangkan terhadap sudut geser dalam pengaruh % pupuk sangat beragam kecenderungannya mengarah pada kenaikan sedikit (3% @ 5%)

### 6.2 Saran

Dari keseluruhan kegiatan di Laboratorium dan hasil analisa yang telah dilakukan, maka demi kesempurnaan penelitian ini dapat diberikan beberapa saran antara lain :

1. Perlu dibuat penelitian lebih lanjut dengan kadar pupuk kimia yang lebih bervariasi.
2. Pada pengujian sifat mekanis tanah (UCS & Triaxial UU) perlu juga dilakukan untuk kondisi kadar air bawah optimum dan atas optimum, sehingga diketahui pengaruh kadar air yang berbeda terhadap nilai perubahan parameter tanah.
3. Untuk melihat pengaruh masa pemeraman, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan masa pemeraman yang lebih lama.
4. Pada penelitian ini digunakan sampel tanah dari Indramayu dimana jenis tanahnya adalah tanah lempung dengan karakteristik tertentu, untuk itu perlu dilakukan juga penelitian pengaruh pupuk kimia pada jenis-jenis tanah yang lain.

### Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Material, 1996, Annual Book of ASTM, Sec. 4, Vol 04.08, Philadelphia, Pa.
- Buckman, H.O., Brady N.C., 1969. "The Nature and Property of Soil", The Macmillan Company, New York.

- Das, B.M., 1985, "*Principles of Geotechnical Engineering*," California State University, Sacramento, PWS Publisher.
- Kementrian Lingkungan Hidup, "*Informasi Banjir dan Tanah Longsor di Indonesia*". Home Page Internet Kementrian Lingkungan Hidup.
- Lambe, T.W., Whitman, R.V., 1969, "*Soil Mechanics*," Massachusetts Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Lambe, T.W., 1951, "*Soil Testing for Engineers*," Massachusetts Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Lingga, P., 1998, "*Petunjuk Penggunaan Pupuk*", Penerbit Swadaya.
- Laboratorium Mektan, "*Panduan Praktikum Mekanika Tanah*", Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITB.
- Mitchel, James K., 1976, "*Fundamentals of Soil Behavior*", University of California, Barkeley, John Wiley & Sons, Inc.
- Novizan, 2003, "*Petunjuk Pemupukan yang Efektif*", AgroMedia Pustaka.
- Pasya, Abdi, 2002, "*Studi Pengaruh Aditif Kapur Terhadap Pengembangan, Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Tanah Ekspansif di Cikampek (Jawa Barat)*", Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Petrokimia Gresik PT. "*Petrokimia Sahabat Petani Sejati*", Website PT Petrokimia Gresik.
- Sale, Kirkpatrick, 1962-1992, "*The Green Revolution*", The American Enviromental Movement, published in United States by Hill and Wang, New York.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1993, "*Soil Mechanics in Engineering Practice* ", University of Illinois, John Wiley & Sons, Inc. New York.

**LAMPIRAN: Data-data Hasil Laboratorium**

**Soil Mechanics Laboratory**

Civil Engineering Department

Bandung Institut of Technology

**Grain Size Analysis**

Project	: Tesis	Tested by	: M. Asrurifak
Location	: Indramayu	Date	: 17/11/2003
Boring No.	:	Sample	: Tanah Asli
Depth	: -1 s/d -2 m	Remark	:

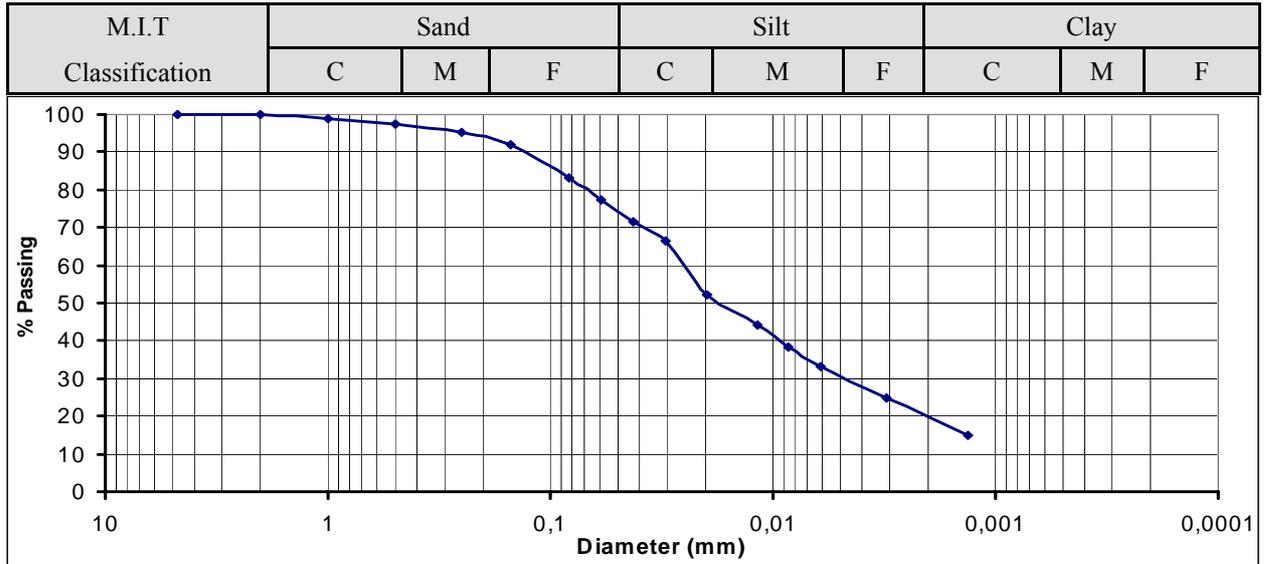
US STANDARD		Sample Retained	% Retained	% Cumulative		Reamark
Diameter	No.			Retained	Passing	
4,76	4	0,00	0,00	0,00	100,00	
2,00	10	0,89	0,18	0,18	99,82	
1,00	18	5,38	1,08	1,25	98,75	
0,50	35	6,88	1,38	2,63	97,37	
0,25	60	9,75	1,95	4,58	95,42	
0,15	100	16,47	3,29	7,87	92,13	
0,075	200	11,13	2,23	10,10	89,90	

**Hydrometer Analysis**

Project	: Tesis	Tested by	: M. Asrurifak
Location	: Indramayu	Date	: 18/11/2003
Boring No.	:	Gs	: 2,58      a : 1,014
Depth	: 1 s/d 2 m	Sieve	: 89,90 %      k : 0,012994

Time in minute	R 1000 (r-1)	Ra 1000 (Ra-1)	Temp. (°C)	R - Ra	N (%)	Zr (cm)	Å(Zr/t)	D (mm)	N' (%)
0,25	44,6	-1	26	45,60	92,48	10,1	6,356	0,08259	83,14
0,50	41,4	-1	26	42,40	85,99	10,4	4,561	0,05926	77,30
1,00	38,2	-1	26	39,20	79,50	10,7	3,271	0,04250	71,47
2,00	35,4	-1	26	36,40	73,82	11,0	2,345	0,03047	66,36
5,00	27,6	-1	26	28,60	58,00	11,6	1,523	0,01979	52,14
15	23,2	-1	26	24,20	49,08	12,3	0,906	0,01177	44,12
30	20,1	-1	26	21,10	42,79	12,8	0,653	0,00849	38,47
60	17,3	-1	26	18,30	37,11	13,3	0,471	0,00612	33,36
250	12,6	-1	26	13,60	27,58	14,1	0,237	0,00309	24,80
1440	7,3	-1	26	8,30	16,83	14,9	0,102	0,00132	15,13



**Soil Mechanics Laboratory**  
 Civil Engineering Department  
 Bandung Institut of Technology

### Specific Gravity Determination

Project	: Tesis	Tested by	: M. Asrurifak
Location	: Indramayu	Date	: 18/11/2003
No. Sample		1	2
Depth		1 s/d 2 m	1 s/d 2 m
Picnometer		F	D
Temperature	( °C )	25	25
Pic. + Sample	( gr )	59,16	60,05
Tare Pic.	( gr )	37,56	39,32
Sample weight	( gr )	21,60	20,73
Pic. + Water	( gr )	139,06	135,23
Total weight	( gr )	93,15	87,83
Pic. + Sample + water	( gr )	152,31	147,88
Vol. of sample	( cc )	101,50	95,91
Specific Gravity (Gs)		2,587	2,566
Everage Gs		2,576	

RESUME HASIL PENGUJIAN ATTERBERG TANAH ASLI DAN TANAH YANG MENGANDUNG PUPUK KIMIA

JENIS PUPUK	KADAR	0 hari			1 hari			3 hari			7 hari			14 hari		
		LL	PL	PI	LL	PL	PI									
Urea	0%	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39
	0,01%	73,47	27,37	46,10	72,45	27,11	45,35	72,29	27,39	44,90	71,63	27,64	43,99	70,98	27,96	43,02
	0,1%	73,55	27,75	45,80	73,40	27,61	45,79	72,94	28,30	44,64	72,59	28,18	44,41	71,19	28,49	42,70
	0,5%	72,33	27,28	45,05	72,16	27,51	44,65	71,52	28,05	43,47	70,99	28,83	42,16	71,15	28,91	42,24
	1%	71,97	28,70	43,27	71,48	29,18	42,30	70,94	29,24	41,70	70,42	29,20	41,22	69,71	29,33	40,38
	3%	71,93	29,13	42,80	71,35	29,35	42,00	70,46	29,36	41,10	70,23	29,61	40,63	69,59	29,83	39,76
TSP	0%	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39
	0,01%	75,04	29,50	45,54	72,73	28,17	44,57	73,57	29,88	43,69	70,58	27,23	43,35	71,77	28,87	42,90
	0,1%	72,74	28,29	44,44	71,97	28,66	43,31	71,54	28,88	42,65	71,27	29,55	41,71	69,88	28,53	41,35
	0,5%	72,08	28,99	43,10	71,83	29,04	42,79	70,60	28,50	42,10	70,51	29,12	41,39	70,58	29,37	41,22
	1%	71,22	28,76	42,46	69,84	27,79	42,04	69,75	28,38	41,37	70,00	28,68	41,32	68,57	27,79	40,78
	3%	69,35	27,24	42,11	69,37	28,08	41,29	70,55	29,63	40,92	68,79	29,69	39,10	67,46	28,64	38,82
NPK	0%	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39	74,26	27,86	46,39
	0,01%	74,72	28,11	46,60	74,05	27,68	46,37	73,30	28,46	44,84	72,00	27,59	44,40	71,53	28,21	43,32
	0,1%	73,23	28,61	44,62	73,46	28,22	45,24	73,46	28,65	44,81	71,78	28,95	42,83	71,39	28,96	42,44
	0,5%	72,98	28,44	44,55	73,11	28,46	44,65	72,10	26,53	45,56	71,62	27,82	43,80	72,19	29,97	42,22
	1%	72,95	28,60	44,35	72,07	29,07	43,01	71,84	29,41	42,43	71,74	29,77	41,97	71,92	30,03	41,89
	3%	72,47	28,84	43,63	72,06	29,29	42,77	71,61	30,70	40,90	71,23	30,72	40,51	70,36	31,26	39,10

**RESUME HASIL NILAI KUAT TEKAN BEBAS (qu) DARI UCS**

Jenis Pupuk	Kadar (%)	Nilai $q_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )				
		0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
Urea	0	4,14	4,22	4,45	4,47	4,43
	0,01	4,28	3,96	4,00	4,05	4,01
	0,1	4,35	3,81	3,53	3,36	3,37
	0,5	4,37	3,70	3,45	3,04	3,02
	1	4,35	3,69	3,22	2,75	2,55
TSP	0	4,14	4,22	4,45	4,47	4,43
	0,01	4,64	4,16	3,90	3,80	3,94
	0,1	4,76	4,19	3,37	2,70	2,59
	0,5	4,87	4,27	3,40	2,63	2,53
	1	5,05	4,45	3,35	2,63	2,47
NPK	0	4,14	4,22	4,45	4,47	4,43
	0,01	4,05	3,88	3,78	3,70	3,86
	0,1	4,04	3,72	3,60	3,13	3,10
	0,5	4,30	3,63	3,39	3,10	3,09
	1	4,98	3,57	3,32	3,09	3,07

