



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202022511, 13 Juli 2020

## Pencipta

Nama : **Rama Indera Kusuma.,ST.,MT, Supandi ST dkk**  
Alamat : Perum GCD Blok E6 No.7b RT 01 RW.05 Kalitimbang Cibeber Cilegon, Cilegon, BANTEN, 42424  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Rama Indera Kusuma.,ST.,MT**  
Alamat : Perum GCD Blok E6 No.7b RT 01 RW.05 Kalitimbang Cibeber Cilegon, Cilegon, BANTEN, 42424  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Karya Tulis (Artikel)**  
Judul Ciptaan : **PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK**  
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 8 Juli 2017, di Denpasar  
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.  
Nomor pencatatan : 000194062

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Rama Indera Kusuma.,ST.,MT	Perum GCD Blok E6 No.7b RT 01 RW.05 Kalitimbang Cibeber Cilegon
2	Supandi ST	Kp Cangkeuteuk RT002 RW.001 Batuhideung Cimanggu Pandeglang
3	Iin muttaqin, ST	KP Kadikaran RT.001 RW.001 Kadikaran Ciruas Kab Serang
4	Enden Mina.,ST.,MT	V.P.H CLUSTER GARNET BLOK C1 NO.2 RT.004 RW.007 Serdang Kramatwatu Kab Serang
5	Woelandari Fathonah .,ST.,MT	Lingk Karundang Kolektor RT.001 RW.005 Karundang Cipocok Jaya Kota Serang





# PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK

Rama Indera Kusuma<sup>1</sup>, Arief Budiman<sup>2</sup>, Apin Santosa<sup>3</sup>, Fadhli Dzil Ikram<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Dosen Teknik Sipil UNTIRTA  
rama@untirta.ac.id;

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil UNTIRTA  
budiman275@yahoo.com ; endenmina@yahoo.com; woelan.civil@yahoo.co.id

<sup>3</sup>Mahasiswa Teknik Sipil UNTIRTA

## ABSTRAK

Dalam rekayasa sipil tanah memiliki fungsi yang sangat penting, dalam konstruksi, timbunan, tanggul bendungan atau pondasi. Namun tidak semua tanah memiliki sifat-sifat teknis yang memadai. Untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan karakteristiknya memperbaikinya dapat dilakukan dengan bermacam-macam metoda sesuai dengan jenis dan karakteristik tanah yang akan diperbaiki. Metode yang akan digunakan dalam perkuatan tanah adalah dengan cara menggunakan pencampuran abuterbang dengan tanah lempung lunak untuk 2 lokasi penelitian (Munjul dan Cikeusik). Hasil pengujian untuk tanah Cikeusik pada uji batas cair (LL) = 50%, batas plastis (PL) = 40,66%, lolos saringan no 200 sebesar 64,29%. Sedangkan untuk tanah Munjul dari hasil pengujian batas cair (LL) = 36,5%, batas plastis (PL) = 26,79%, lolos saringan no 200 sebesar 75,33%. Dari hasil pengujian tanah Cikeusik memiliki sifat OH dan MH yaitu tanah lempung atau lanau organik yang memiliki plastisitas tinggi. Sedangkan tanah Munjul memiliki sifat (ML:OL). Pengujian pemadatan tanah untuk tanah Cikeusik didapatkan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) = 32,6% dan tanah Munjul nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) = 29%. Dari hasil pengujian awal tersebut dilanjutkan pembuatan sampel dari pencampuran tanah, abuterbang dan air. Penggunaan abuterbang akan diuji dengan menggunakan uji kuat tekan bebas (UCS) dimana hasilnya akan diketahui tingkat kekuatan tanah dasarnya. Variasi abuterbang yang akan digunakan ialah 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, dengan waktu pemeraman (*curing*) 0, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil yang terbaik didapatkan pada campuran fly ash 15% baik tanah munjul (3,5 Kg/Cm<sup>2</sup>) maupun tanah Cikeusik (7 Kg/Cm<sup>2</sup>).

**Kata kunci :** Abuterbang, UCS, *curing*, daya dukung tanah.

## ABSTRACT

In civil engineering land has a very important function, in construction, embankment, dam embankment or foundation. However, not all soils have adequate technical properties. To improve the soil properties and their repairing characteristics can be done with various methods according to the type and characteristics of the soil to be improved. The method to be used in soil reinforcement is by using mixing abuterbang with soft clay soil for 2 research sites (Munjul and Cikeusik). Test result for Cikeusik soil on liquid limit test (LL) = 50%, plastic limit (PL) = 40.66%, pass filter 200 200, 29%. As for Munjul soil from liquid limit test (LL) = 36.5%, plastic limit (PL) = 26.79%, pass sieve no 200 equal to 75.33%. From the results of soil testing Cikeusik has the properties of OH and MH is clay or organic silt that has high plasticity. While the land Munjul have properties (ML: OL). The soil compaction test for Cikeusik soil obtained optimum water content ( $w_{opt}$ ) = 32.6% and Munjul soil optimum moisture content ( $w_{opt}$ ) = 29%. From the preliminary test results continued the making of samples from soil mixing, abuterbang and air. The use of abuterbang will be tested by using free compressive strength test (UCS) where the

result will be known level of ground strength. The abutment variation to be used is 0%, 10%, 15%, 20%, and 25%, with curing time (curing) 0.7, 14, 21, and 28 days. The best result was obtained at 15% fly ash fly both munjul soil (3.5 Kg / Cm<sup>2</sup>) and Cikeusik soil (7 Kg / Cm<sup>2</sup>).

**Keywords:** *flyash, Curing, UCS, Soil strength*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam rekayasa sipil tanah memiliki fungsi yang sangat penting, dalam konstruksi, timbunan, tanggul bendungan atau pondasi. Namun tidak semua tanah memiliki sifat-sifat teknis yang memadai. Banyak sekali tanah-tanah yang kurang baik yang dapat kita temukan dilapangan atau tanah yang menurut persyaratan teknis kurang memadai untuk digunakan pada lokasi konstruksi.

Pembangunan infrastruktur untuk daerah Banten Selatan (Kecamatan Cikeusik, Kecamatan Munjul, Kecamatan Cibaliung dan kecamatan Sumur) kurang memadai khususnya untuk konstruksi jalan. Masyarakat Banten Selatan sudah sangat tersiksa dengan kondisi jalan yang rusak parah, akibatnya semua akses barang, jasa dimaupun transportasi menjadi sangat mahal. Hal ini membuat rakyat di daerah Banten Selatan hidup dibawah garis kemiskinan. Selain dari lambatnya pembangunan oleh pemerintah, faktor alam pun sangat berpengaruh pada umur dari suatu konstruksi.

Salah satu permasalahan yang dihadapi ialah kondisi tanah yang memiliki sifat yang kurang baik seperti memiliki sifat kembang susut yang sangat tinggi dan juga tanah yang sangat reaktif apabila tersiram oleh air dimana pada saat musim kering memiliki sifat yang sangat keras namun ketika di musim penghujan sifatnya menjadi lembek. Fenomena ini mengakibatkan konstruksi yang dibangun diatasnya menjadi tidak stabil contohnya seperti tembok rumah yang retak, jalan yang bergelombang, perkerasan jalan beton yang mengalami retak dan amblas. Hal tersebut akan terus berulang dan bermasalah apabila tanah dibawah konstruksi tidak di stabilisasi terlebih dahulu.

Untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan karakteristiknya memperbaikinya dapat di lakukan dengan bermacam-macam metoda sesuai dengan jenis dan karakteristik tanah yang akan diperbaiki. Penggunaan teknologi stabilisasi tanah saat ini diantaranya : stabilisasi mekanis, stabilisasi kimia, stabilisasi kapur, dan metode stabilisasi tanah lainnya.

Tujuan utama dalam usaha stabilisasi tanah ialah menambah kekuatan daya dukung tanah diatas kekuatan daya dukung tanah yang sudah dimiliki, serta mempertahankan kekuatan daya dukung tanah setelah diperbaiki. Untuk mendapatkan dan mengetahui perubahan yang terjadi pada tanah sebelum dan sesudah distabilisasi umumnya penelitian dilakukan dilaboratorium Metode perbaikan tanah di daerah Banten Selatan meliputi kecamatan: Cibaliung, Sumur, Cikeusik dan Munjul yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan limbah batubara yang biasa dinamakan dengan abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan oleh Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Provinsi Banten. Sehingga limbah batubara yang berlimpah ini bisa dimanfaatkan secara maksimal.

Dari hasil penelitian ini diharapkan penggunaan abu terbang batubara dapat merubah tanah lempung lunak menjadi tanah yang sesuai dengan standar yang diinginkan sebagai dasar tempat berdirinya suatu konstruksi, serta mengetahui prosentase campuran abuterdang yang memiliki nilai kuat tekan bebas tanah terbesar.

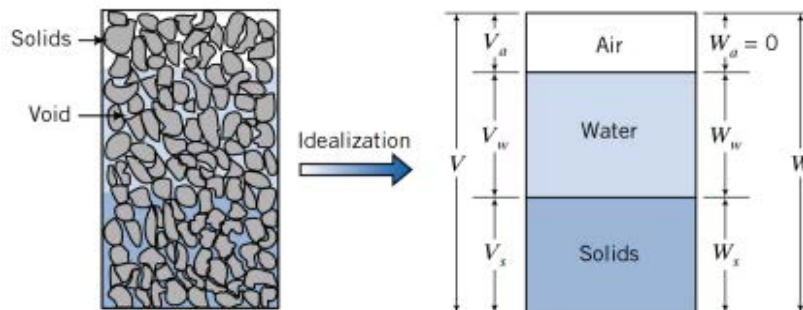
Di daerah Banten Selatan (Cibaliung, Sumur, Munjul, dan Cikeusik) memiliki jenis tanah yang bervariasi dari yang baik sampai yang buruk. Dari pengamatan di sepanjang jalan daerah tersebut terlihat kerusakan jalan seperti jalan beton yang pecah, amblas, retak serta kondisi rumah-rumah penduduk yang terlihat dindingnya mengalami keretakan serta lantai dan kontur permukaan jalan yang bergelombang. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh tanah yang tidak stabil, berdasarkan permasalahan diatas maka dirumuskan :

- a. Jenis tanah apa yang terkandung pada ruas jalan Cibaliung, Sumur, Munjul, dan Cikeusik.
- b. Seberapa tinggi nilai kuat dukung tanah optimum dari variasi abuterdang yang ditambahkan pada jenis tanah lempung lunak?
- c. Apakah ada perbedaan pengaruh abuterdang yang ditambahkan pada tanah lempung lunak sebelum dan sesudah di tambahkan terhadap sifat properties tanah.
- d. Apakah ada dari keempat lokasi penelitian tersebut yang cocok dengan jenis abu terbang yang digunakan berdasarkan nilai kuat dukung tanah yang paling besar ?

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Pengertian tanah dalam rekayasa sipil secara umum ialah material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. (Braja M Das, 1988). Tanah terdiri dari butiran (*solid*) padat berupa gumpalan mineral-mineral yang tersusun dari unsur-unsur kimiawi alam, yang memiliki ruang antara partikel berupa pori (*void*) yang diisi oleh air dan udara. Semakin banyak kandungan air dalam tanah maka tanah akan semakin lunak dan daya dukungnya semakin rendah.



**Gambar.1.** (a) Tiga fase elemen tanah ideal. (mini budhu, 2007).

## 2.2 Tanah Lempung

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung dan mineral-mineral lain yang sangat halus (M.das 1988). Di Indonesia terdapat banyak sekali tanah lempung yang terbentuk dari pelapukan batuan yang dipengaruhi oleh keadaan udara, angin, air, matahari dan lain-lain. Pelapukan mekanis biasanya diakibatkan oleh menyusutnya batuan yang disebabkan perubahan panas dan dingin yang berkepanjangan hingga batuan akan menjadi lapuk. Pelapukan yang diakibatkan oleh proses kimia biasanya diakibatkan oleh air dan karbon dioksida yang bercampur dengan garam mineral yang terdapat pada batuan menjadi mineral-mineral yang baru. Tanah lempung lunak juga memiliki kompresibilitas sangat tinggi, indeks plastisitas sangat tinggi, mengandung bahan-bahan organik dan persentase kadar air yang dikandungnya relatif tinggi yaitu lebih dari 60% bahkan diatas 100%. Sehingga jika terjadi pembebanan diatas suatu lapisan tanah lempung lunak terjadi proses pemerasan air (terdisipasi). Yang mengakibatkan penurunan muka tanah dalam selang waktu tertentu, sehingga stabilitas konstruksi yang ada menjadi tidak stabil dikarenakan daya dukungnya sangat rendah. Untuk menanggulangi sifat-sifat tanah lempung yang kurang menguntungkan maka digunakan stabilisasi tanah lempung dengan semen dan bahan kimia.

## 2.3 Abu Terbang (Fly Ash)

Salah satu bahan bakar fosil yang umum digunakan saat ini adalah batubara. Batubara adalah sumber energi yang paling mudah diambil dari alam. Namun, pembangkitan energi dengan batubara menimbulkan limbah yang cukup banyak, di antaranya *fly ash*. *Fly ash* (abu terbang) merupakan produk sisa dari pembakaran batubara yang dipisahkan dari saluran pembuangan gas batubara pada suatu *power plant* menggunakan *precipitator*. *Fly ash* ini tentu saja dapat menyebabkan polusi jika dibiarkan menumpuk begitu saja. Berdasarkan hasil penelitian, ternyata *fly ash* ini dapat dimanfaatkan diberbagai bidang, salah satunya sebagai material penguat (*reinforcement*) dalam *metal matrix composite (MMC)*.

*Fly ash* digolongkan menjadi dua macam menurut jenis batubara yang digunakan, yaitu tipe C dan F. *fly ash* tipe C berasal dari hasil pembakaran batubara jenis *lignite* atau *sub-bituminous* sedangkan *fly ash* tipe F dihasilkan dari *anthracite* atau *bituminous*. Selain itu, klasifikasi *fly ash* dapat diketahui dari persentase komposisi kimia yang terkandung didalamnya.

*Pozzolan activity* merupakan kemampuan komponen silika dan alumina dari *fly ash* untuk bereaksi dengan *calcium hydroxide* jika ditambahkan air untuk menghasilkan *highly cementitious water insoluble products*. *Pozzolan activity* ini dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti *fitness*, unsur yang tak berbentuk (*amorphous matter*), komposisi kimia dan mineral serta karbon yang tak terbakar atau LOI (*Loss on ignition*) dari *fly ash*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan. Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel .1** Komposisi dan Klasifikasi Fly ash

Komponen	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	20-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4

Sumber : Wardani, 2008

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa *fly ash* yang berasal dari batubara jenis *sub-bituminous* dan *lignite* (*fly ash* tipe C) mempunyai kandungan alumina, *calcium oxide* dan *magnesium oxide* lebih banyak bila dibandingkan dengan *fly ash* yang berasal dari jenis bituminous (*fly ash* tipe F). sedangkan *fly ash* tipe F memiliki kandungan silica dan *iron oxide* yang lebih banyak dibandingkan tipe C.

## 2.4 Hasil Penelitian Sebelumnya

Banyak penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan stabilisasi tanah dengan bahan campuran aditif yaitu sebagai berikut:

1. **Laboratory Study on Soil Stabilization Using Fly ash Mixtures** oleh **Gyanen(2013)** menyatakan bahwa : Penambahan abuterbang dengan variasi 5% sampai dengan 30% terhadap tanah dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah dan didapatkan nilai optimum kekuatan tanah pada campuran abuterbang sebesar 25%.

2. **Soil Stabilization By Using Fly Ash** oleh **Karthik.S (2014)** menyatakan : Tanah adalah bahan yang unik. Beberapa bahan limbah seperti abuterbang, abu sekam padi, kolam abu dapat digunakan untuk membuat tanah menjadi stabil, dikarenakan bahan-bahan tersebut dapat meningkatkan dan merubah nilai secara fisik maupun sifat kimia tanah. Beberapa sifat properties tanah yang diharapkan untuk ditingkatkan adalah nilai CBR, kekuatan geser, indeks likuiditas, indeks plastisitas, kuat tekan bebas dan daya dukung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh abuterbang yang berasal dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik untuk menstabilisasi tanah merah lunak dengan gradasi sangat halus. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dan Pengujian kekuata tanah lainnya. Tanah yang digunakan pada pengujian memiliki nilai plastisitas antara 25 dan 30. Pengujian dilakukan pada tanah dan campuran tanah-abuterbang disiapkan pada kadar air optimum 9% .Dari pencampuran tersebut mengakibatkan kenaikan yang cukup pada nilai CBR tanah. Untuk kadar air optimum 9%, variasi pengujian dari tanah yang ditentukan dalam berbagai persentase abu terbang diantaranya: 3%,5%,6% dan 9%.Dari hasil uji didapatkan nilai CBR optimum tanah adalah 6% variasi penambahan abuterbang. .Penambahant nilai CBR digunakan untuk mengurangi ketebalan trotoar dan meningkatkan daya dukung tanah.

3. **Fly Ash Utilization in Soil Stabilization** oleh **Dr. Afaf Ghais Abadi Ahmed(2014)** menyatakan bahwa : Dalam penelitian ini, stabilisasi tanah lempung untuk pembangunan jalan perkotaan tahan lama diselidiki menggunakan abuterbang. Analisis geoteknik campuran tanah lempung dengan abuterbang menghasilkan karakteristik baru yang melibatkan fisik, sifat mekanik, serta menunjukkan sifat-sifat indeks tanah lempung yang telah diperbaiki. Nilai batas Atterberg pada tanah lempung dapat ditingkatkan dan peningkatan daya dukung tanah lempung dapat diamati dengan berbagai rasio abuterbang. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa rasio optimal dari abuterbang dengan tanah lempung yang diteliti adalah 15%. Nilai batas cair dan indeks plastisitas dapat di reduksi masing-masing 54,12%, dan 29,57% .Sedangkan nilai CBR yang direndam meningkat dari 3% menjadi 56%.

4. **Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan fly Ash Terhadap Nilai CBR** oleh **Rama(2013)** menyatakan bahwa : Dalam pelaksanaan membangun suatu jalan sering dijumpai kondisi tanah yang kurang baik dengan sifat kembang susut tinggi (Plastis) yang menyebabkan kerusakan pada struktur jalan sehingga menjadi bergelombang atau retak-retak. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian fisik tanah dan pengujian CBR. Pengujian fisik tanah diantaranya analisa besar butir, hidrometer, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, batas cair, dan pemadatan. Sedangkan pada pengujian CBR dilakukan dengan cara stabilisasi tanah menggunakan bahan aditif berupa *fly ash* dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*).Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah lempung tak organik dengan plastisitas

tinggi (CH) dengan nilai lolos saringan no. 200 sebesar 67.27%, hidrometer kandungan lempung sebesar 65%, berat jenis = 2.74%, kadar air mula-mula = 35.974%, Batas Cair (LL) = 70.35%, Batas Plastis (PL) = 45%, indeks plastis (PI) = 25%, kadar air optimum = 35.8%, dan  $\gamma_d$  maksimum = 1.317 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian CBR terlihat bahwa baik waktu pemeraman maupun presentasi *fly ash* yang diberikan pada material pengujian akan mempengaruhi presentasi nilai CBR. Terbukti dengan lamanya pemeraman selama 28 hari dan bahan campuran sebesar 30% menghasilkan nilai CBR hingga 36.35%.

### 3. METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui pengaruh bahan kimia terhadap tanah baik secara fisik maupun mekanis, dilakukan di laboratorium sesuai dengan rangkaian penelitian yang akan dilakukan. Adapun uraian pengerjaan penelitian ini akan dijelaskan pada bagan alir metodologi penelitian.

#### 3.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan langsung dilokasi dengan menggunakan cangkul. Sebelum mengambil sampel tanah kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik atau karung.

#### 3.2 Prosedur Percobaan Labotarium

Penyelidikan tanah dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah untuk diketahui sifat, jenis, dari material dan pengujian sampel yang dicampur dengan bahan kimia.

##### 1) Tanah Natural

Pada sampel tanah terganggu dilakukan pengujian awal di labotarium untuk mengetahui sifat mekanik dan fisik tanah asli, yaitu :

##### a) Pengujian sifat fisik tanah, yaitu:

- Indeks propertis
- Uji distribusi berat, yaitu : analisis saringan (ASTM D 421-85), untuk mendapatkan variasi ukuran partikel dan klasifikasi tanah.
- Atterberg (ASTM D 4318-84), untuk mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan tingkat keplastisitasannya (batas cair, batas plastis dan batas susut).
- Berat jenis (ASTM D 854-83), untuk menentukan harga berat spesifik mineral dalam tanah.
- Kadar air (ASTM D 2216-80)

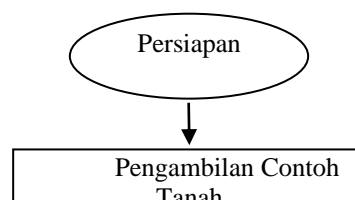
##### b) Pengujian sifat mekanik tanah

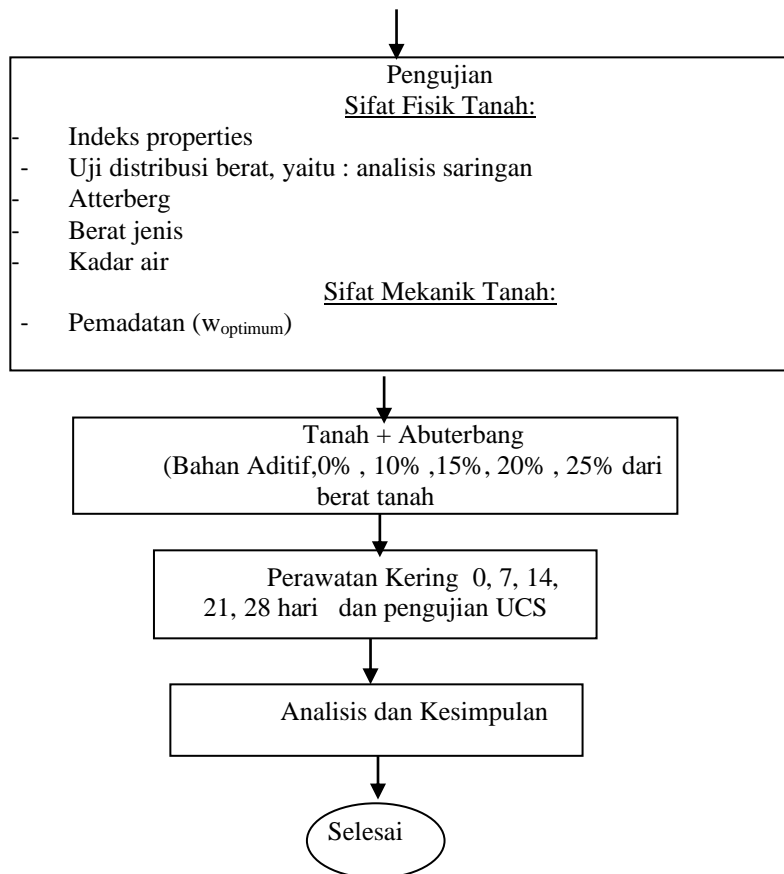
- Pemadatan, pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan harga berat isi kering dari sampel tanah asli .Nilai dari kadar air optimum digunakan sebagai dasar pemberian air pada saat pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi. Posedur pengujian ini mengikuti standar (ASTM D 698-78) untuk *Modified proctor*.
- Pengujian kuat tekan bebas (UCS) dilakukan untuk mengetahui nilai dari kuat tekan ( $q_u$ ) . Prosedur pengujian dilakukan dengan mengikuti aturan (ASTM D 2166-85).

#### 3.3 Pembuatan Sampel Uji

Pembuatan sampel tanah dibuat sesuai dengan ukuran sampel untuk uji UCS. Sampel tanah yang telah dicampur bahan aditif pada kadar air optimum dimasukkan kedalam mold/cetakan yang disesuaikan dengan ukuran uji UCS kemudian dipadatkan, dan di lakukan perawatan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Proses pencampuran tanah dengan aditif dilakukan pengujian dengan kadar abuterbang 0%; 10%; 15%; 20%; dan 25% dari berat tanah kering. Tanah dipadatkan dengan menggunakan cetakan untuk uji UCS. Kemudian pengujian kuat tekan bebas sesuai dengan prosentase pencampuran antara tanah lempung dan bahan aditif, lalu sampel didiamkan dalam desikator selama masa waktu pemeliharaan. Kemudian pada sampel di lakukan pengujian, yaitu : tes UCS untuk mengetahui prosentase kadar bahan aditif yang akan memberikan nilai kekuatan optimum. Dapat Kita lihat bagan alir penelitian ini pada gambar





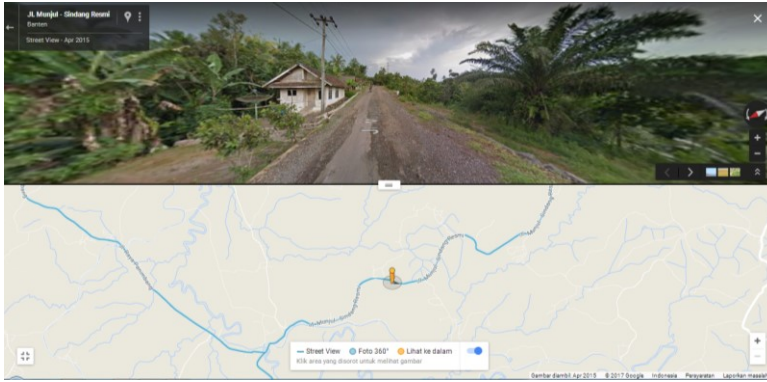
**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

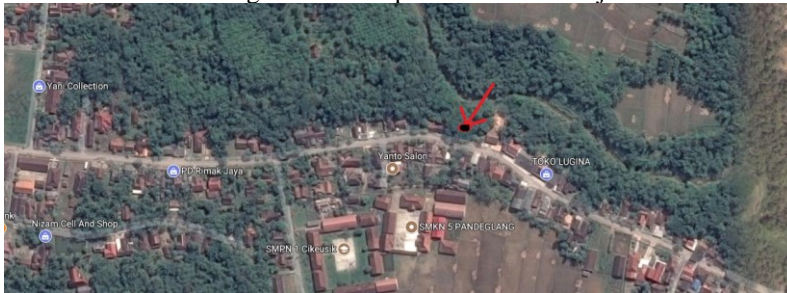
Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah yang di dapat dari Kecamatan Munjul pada Jl Picung- Munjul seperti terlihat pada **gambar 5.1** dan sampel tanah ke dua diambil dari kecamatan Cikeusik seperti pada **gambar 5.2**, Kab. Pandeglang dengan karakteristik tanah rawa yang sedang kering. Bahan campuran yang dipakai yaitu *fly ash* dari PLTU Lontar Banten. Pengambilan tanah dimulai saat antara 10 – 20 cm dari permukaan tanah untuk meminimalisir kotoran yang ada pada tanah seperti akar, sampah, humus, dan lain-lain .

Setelah di gali antara 10 – 20 cm barulah tanah di masukkan ke dalam karung yang telah di sediakan. Tanah untuk penelitian ini merupakan tanah terganggu yang di ambil sebanyak enam karung baru dengan ukuran karung 50 kg kemudian di bawa ke laboratorium Teknik Sipil Untirta, Cilegon. Tanah terganggu merupakan tanah yang di ambil tanpa perawatan khusus dalam pengambilan maupun penyimpanannya





**Gambar.5.1** Titik Pengambilan sampel tanah Kec Munjul



**Gambar.5.2** Titik Pengambilan sampel tanah Kec Cikeusik

Kemudian untuk pengambilan bahan campuran *fly ash* didapat dari pengujian sebelumnya yang sudah berada di laboratorium Teknik Sipil Untirta.

Kemudian tanah dan *fly ash* diuji untuk stabilisasi tanah menggunakan *fly ash* dengan pengujian UCT. Pengujian fisik tanah terdiri dari analisa besar butir, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, batas cair, dan pemadatan. Sedangkan pengujian UCT dilakukan setelah penentuan kadar air optimum pada pengujian pemadatan kemudian tanah dapat di lakukan pengujian UCT. Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium di Laboratorium Teknik Sipil Untirta, Cilegon dihitung dan kemudian di analisa.

Sampel tanah yang akan di pakai untuk pengujian di hamparkan di atas permukaan terpal kemudian gumpalan-gumpalan tanah yang ada di tumbuk menggunakan palu karet dengan pukulan yang tidak terlalu keras agar butirannya tidak pecah terlihat pada gambar berikut.

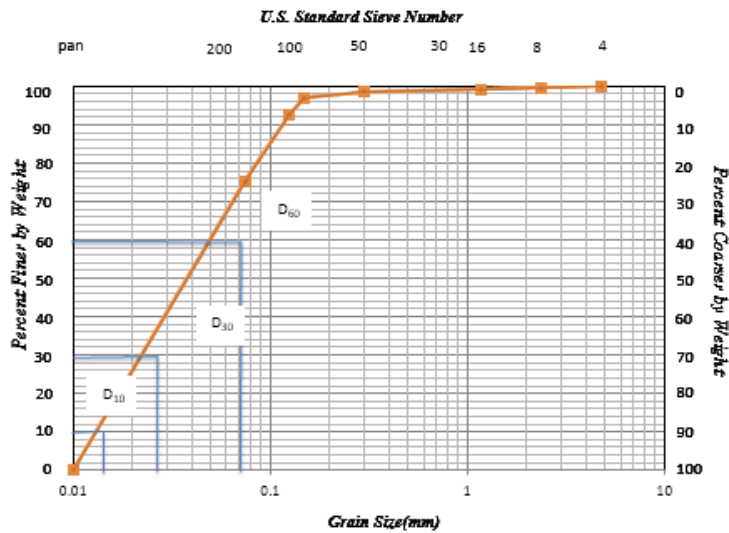
**A. Hasil Pengujian Fisik Tanah**

Untuk pengujian fisik tanah dari Jalan Picung - Munjul terdiri dari analisa besar butir, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, batas cair, dan pemadatan yang dilakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Untirta, Cilegon dengan hasil analisa sebagai berikut :

**1. Analisa Besar Butir**

**Tabel 5.1.** Analisa Besar Butir Tanah Munjul

No	No Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Saringan + Benda Uji (gr)	Tanah diatas (gr)	Berat diatas (%)	Jumlah diatas (%)	Berat lewat ayakan (%)
1	4	4.75	439.5	439.5	0	0.000	0.000	100.000
2	8	2.36	422.5	424	1.5	0.301	0.301	99.699
3	16	1.18	417.5	420.5	3	0.602	0.903	99.097
4	30	0.3	416	419	3	0.602	1.505	98.495
5	50	0.15	402.5	409.5	7	1.404	2.909	97.091
6	100	0.125	402	428.5	21.5	4.313	7.222	92.778
7	200	0.075	284.5	371.5	87	17.452	24.674	75.326
8	Pan	0	460	835.5	375.5	75.326	100.000	0.000
Jumlah					498.5	100		
Particle size (mm)								
Clay and Silt			Sand			Gravel		
75.33%			24.67%			0.00%		

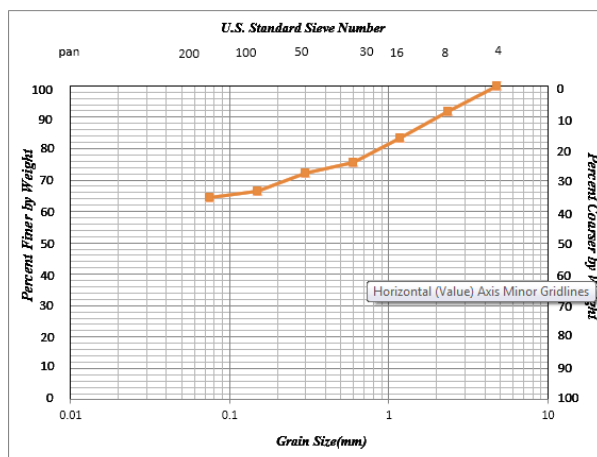


**Gambar 5.3.** Grafik Hubungan Persen Lolos Saringan dengan Diameter Saringan Tanah Munjul

Dari tabel 5.1 dan gambar 5.3 didapatkan bahwa tanah Cikeusik lolos saringan nomor 200 sebesar 75,33 % menandakan bahwa tanah tersebut masuk kedalam jenis tanah berbutir halus berupa lanau atau lempung menurut klasifikasi UNIFIED maupun AASHTO.

**Tabel 5.2.** Analisa Besar Butir Tanah Cikeusik

No	No Saringan (mm)	Diameter Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Saringan + Benda Uji (gr)	Tanah diatas (gr)	Berat diatas (%)	Jumlah diatas (%)	Berat lewat ayakan (%)
1	4	4.75	439.5	439.5	0	0.000	0.000	100.000
2	8	2.36	423	464.5	41.5	8.325	8.325	91.675
3	16	1.18	418	460	42	8.425	16.750	83.250
4	30	0.6	414	452.5	38.5	7.723	24.473	75.527
5	50	0.3	402.5	419	16.5	3.310	27.783	72.217
6	100	0.15	402	430	28	5.617	33.400	66.600
7	200	0.075	285.5	297	11.5	2.307	35.707	64.293
8	Pan	0	459	779.5	320.5	64.293	100.000	
Jumlah					498.5	100		
Particle size (mm)								
Clay and Silt			Sand			Gravel		
64.29%			35.71%			0.00%		



**Gambar 5.4.** Grafik Hubungan Persen Lolos Saringan dengan Diameter Saringan Tanah Cikeusik

Dari tabel 5.2 dan gambar 5.4 didapatkan bahwa tanah Cikeusik lolos saringan nomor 200 sebesar 64.29 % menandakan bahwa tanah tersebut masuk kedalam jenis tanah berbutir halus berupa lanau atau lempung menurut klasifikasi UNIFIED maupun AASHTO.

## 2. Berat Jenis Butir

**Tabel 5.3.** Berat Jenis Butir Tanah Munjul

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Saringan No. 4	Saringan No. 12
1	Piknometer No.				
2	Temperatur		°C	25	25
3	Massa (piknometer + tanah)	M <sub>2</sub>	gram	171.5	166.5
4	Massa piknometer	M <sub>1</sub>	gram	121.5	118
5	Massa (piknometer + air pada suhu uji)	M <sub>4</sub>	gram	437.5	435
6	Faktor Koreksi	k		0.997077	0.997077
7	Berat Picnometer pada suhu 25°C	M <sub>4</sub>	gram	438.78	436.28
8	Massa (piknometer + tanah + air)	M <sub>3</sub>	gram	469.5	466
9	M <sub>5</sub> = M <sub>2</sub> - M <sub>1</sub> + M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	gram	487.5	483.5
10	Isi Tanah		gram	18	17.5
11	Berat jenis	G <sub>s</sub>		2.593	2.583
12	Berat jenis rata-rata	G <sub>s</sub>		2.588	

Dari hasil pengujian tanah Munjul memiliki nilai berat jenis butir sebesar 2,588%.

**Tabel 5.4.** Berat Jenis Butir Tanah Cikeusik

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Saringan No. 4	Saringan No. 12
1	Piknometer No.				
2	Temperatur		°C	25	25
3	Massa (piknometer + tanah)	M <sub>2</sub>	gram	242.5	253.5
4	Massa piknometer	M <sub>1</sub>	gram	192.5	203.5
5	Massa (piknometer + air pada suhu uji)	M <sub>4</sub>	gram	782.5	774.5
6	Faktor Koreksi	k		0.997077	0.997077
7	Berat Picnometer pada suhu 25°C	M <sub>4</sub>	gram	772.00	776.77
8	Massa (piknometer + tanah + air)	M <sub>3</sub>	gram	805	804.5
9	M <sub>5</sub> = M <sub>2</sub> - M <sub>1</sub> + M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	gram	832.5	824.5
10	Isi Tanah		gram	27.5	20
11	Berat jenis	G <sub>s</sub>		2.941	2.245
12	Berat jenis rata-rata	G <sub>s</sub>		2.593	

Dari hasil pengujian berat jenis butir untuk tanah Cikeusik memiliki nilai G<sub>s</sub> = 2.593%.

## 3. Kadar Air

**Tabel 5.5** Kadar Air Tanah Cikeusik

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Sampel Tanah		
				I	II	III
1	Massa Wadah	$M_1$	gram	178	181	219
2	Massa Wadah + Tanah Basah	$M_2$	gram	1178	281	229
3	Massa Wadah + Tanah Kering	$M_3$	gram	1111.5	276.5	228
4	Massa Tanah Basah	$M_4$	gram	1000	100	10
5	Massa Tanah Kering	$M_5$	gram	933.5	95.5	9
6	Massa Air	$W_w$	gram	66.5	4.5	1
7	Kadar Air	$W$	%	7.124	4.712	11.111
8	Kadar Air Rata-Rata	$W_{average}$	%	7.65		

Tabel 5.6. Kadar Air Tanah Munjul

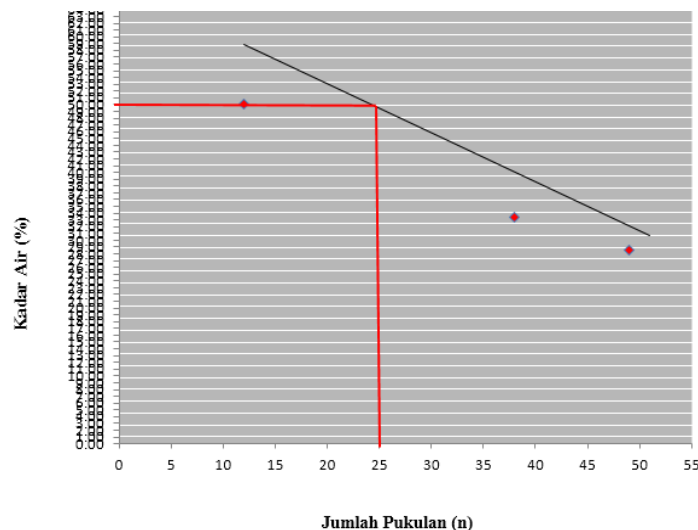
No.	Uraian	Simbol	Satuan	Sampel Tanah		
				I	II	III
1	Massa Wadah	$M_1$	gram	117.5	208.5	9.5
2	Massa Wadah + Tanah Basah	$M_2$	gram	1117.5	308.5	19.5
3	Massa Wadah + Tanah Kering	$M_3$	gram	948	283	16.4
4	Massa Tanah Basah	$M_4$	gram	1000	100	10
5	Massa Tanah Kering	$M_5$	gram	830.5	74.5	6.9
6	Massa Air	$W_w$	gram	169.5	25.5	3.1
7	Kadar Air	$W$	%	20.409	34.228	44.928
8	Kadar Air Rata-Rata	$W_{average}$	%	33.19		

Hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai kadar air mula-mula pada tanah Cikeusik sebesar 7,65% dan tanah Munjul sebesar 33,19 %. Kadar air tanah yang didapat menunjukkan bahwa tanah dalam keadaan kering.

#### 4. Batas Cair

Tabel 5. 7. Batas Cair Tanah Cikeusik

No	Uraian	Simbol	Batas Cair			
			10 to 20	21 to 30	31 to 40	41 to 50
1	No. Kurs		1	2	3	4
2	Jumlah Pukulan	$n$	12	28	38	49
3	Massa kurs + contoh basah (gram)	$W_2$	13	10.5	9	9.5
4	Massa kurs + contoh kering (gram)	$W_3$	10.5	7.5	7.5	8.5
5	Massa air (gram)	$W_6=W_4-W_5$	2.5	3	1.5	1
6	Massa kurs (gram)	$W_1$	5.5	3	3	5
7	Massa contoh tanah basah (gram)	$W_4=W_2-W_1$	7.5	7.5	6	4.5
8	Massa contoh tanah kering (gram)	$W_5=W_3-W_1$	5	4.5	4.5	3.5
9	Kadar air (%)	$\omega=(W_6/W_5) \times 100\%$	50.00	66.67	33.33	28.57
10	Kadar air rata-rata	$\omega$ rata-rata	44.64			
11	Batas Cair (dari Grafik)	LL	50.0%			

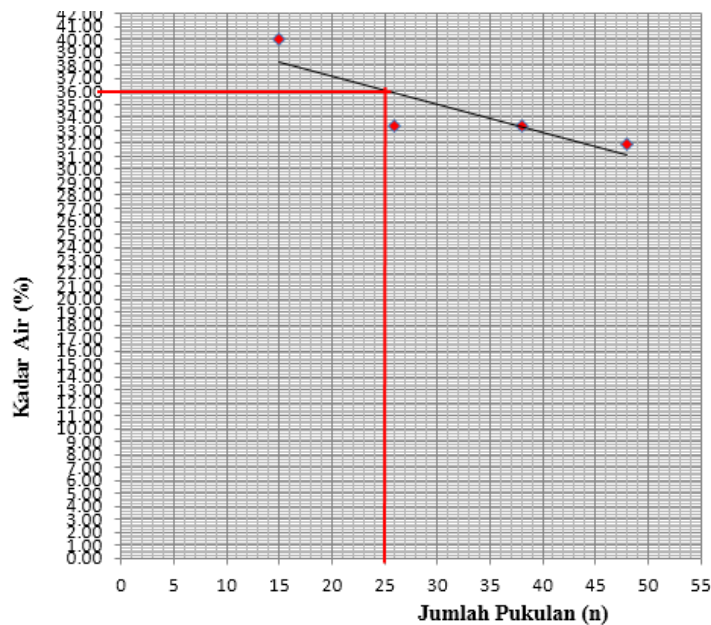


Gambar 5.5. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Jumlah Pukulan tanah Cikeusik



**Tabel 5.8 Batas Cair (LL) Tanah Munjul**

No	Uraian	Simbol	Batas Cair			
			10 to 20	21 to 30	31 to 40	41 to 50
1	No. Kurs		1	2	3	4
2	Jumlah Pukulan	n	15	26	38	48
3	Massa kurs + contoh basah (gram)	W2	10	13.5	12	12
4	Massa kurs + contoh kering (gram)	W3	8	11	10	9.7
5	Massa air (gram)	$W6=W4-W5$	2	2.5	2	2.3
6	Massa kurs (gram)	W1	3	3.5	4	2.5
7	Massa contoh tanah basah (gram)	$W4=W2-W1$	7	10	8	9.5
8	Massa contoh tanah kering (gram)	$W5=W3-W1$	5	7.5	6	7.2
9	Kadar air (%)	$\omega=(W6/W5)\times 100\%$	40.00	33.33	33.33	31.94
10	Kadar air rata-rata	$\omega$ rata-rata	34.65			
11	Batas Cair (dari Grafik)	LL	36.5%			



**Gambar 5.6.** Grafik Hubungan Kadar Air dengan Jumlah Pukulan tanah Munjul  
Sumber : Analisis, 2017

Dari Gambar 5.5 dan 5.6 diatas didapat nilai batas cair pada tanah Cikeusik (LL) 50 %. Menurut Santoso, Suprpto, Suryadi pada buku Dasar Mekanika Tanah halaman 17 bahwa:

Plastisitas rendah  $LL < 35 \%$

Plastisitas sedang  $35 \% < LL < 50 \%$

Plastisitas Tinggi  $LL > 50 \%$

Maka dapat disimpulkan bahwa tanah di Cikeusik memiliki Plastisitas sedang ke Tinggi  $LL > 50 \%$ , yaitu sebesar  $LL = 50 \%$ . Sedangkan untuk tanah Munjul memiliki jenis tanah dengan Plastisitas sedang  $35 \% < LL < 50 \%$  sebesar 36,5 %.

### 5. Batas Plastis

Hasil pengujian batas plastis pada tanah Jalan Raya Bojonegara terlihat pada Tabel 5.9 dan 5.10 dibawah ini:

**Tabel 5.9.** Batas Plastis tanah Cikeusik

No	Uraian	Simbol	Batas Plastis		
			1	2	3
1	No. Kurs				
2	Massa kurs + kontoh basah (gram)	W2	10	10.5	8
3	Massa kurs + kontoh kering (gram)	W3	8.8	8.8	6.6
4	Massa air (gram)	$W6 = W4 - W5$	1.2	1.7	1.4
5	Massa kurs (gram)	W1	5	5.5	3
6	Massa contoh tanah basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	5	5	5
7	Massa contoh tanah kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	3.8	3.3	3.6
8	Kadar air	$\omega = (W6/W5) \times 100\%$	31.6%	52%	39%
9	Batas Plastis (%)	PL	40.66%		
10	Indeks Plastis	$PI = (LL - PL) \times 100\%$	9.34%		

**Tabel 5.10. Batas Plastis tanah Munjul**

No	Uraian	Simbol	Batas Plastis		
			1	2	3
1	No. Kurs				
2	Massa kurs + kontoh basah (gram)	W2	8	8.5	9
3	Massa kurs + kontoh kering (gram)	W3	6.5	8	8
4	Massa air (gram)	$W6 = W4 - W5$	1.5	0.5	1
5	Massa kurs (gram)	W1	3	4	4
6	Massa contoh tanah basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	5	4.5	5
7	Massa contoh tanah kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	3.5	4	4
8	Kadar air	$\omega = (W6/W5) \times 100\%$	42.9%	13%	25%
9	Batas Plastis (%)	PL	26.79%		
10	Indeks Plastis	$PI = (LL - PL) \times 100\%$	9.71%		

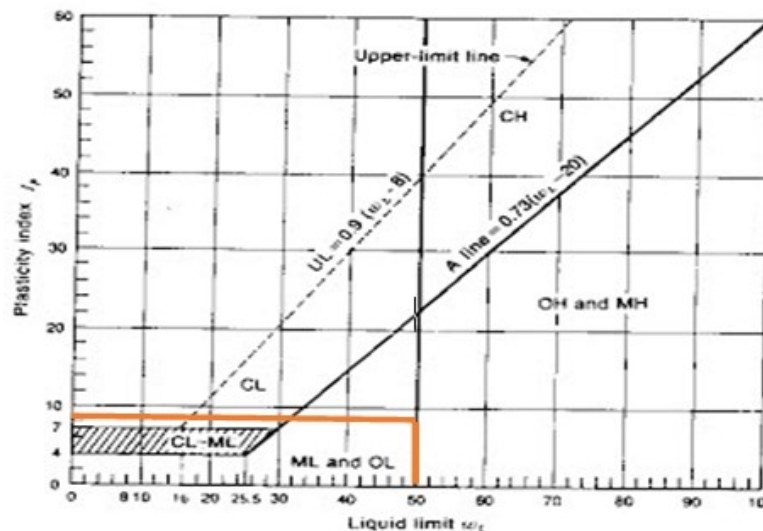
Hasil Pengujian laboratorium didapatkan pada tanah Cikeusik nilai kadar air batas plastis (PL) adalah 40,66 %.

Dari hasil pengujian batas cair (LL) pada Tabel dengan nilai LL = 50% dan batas plastis (PL) pada Tabel dengan nilai PL = 40,66 % maka didapat indeks plastis (PI) sebesar :

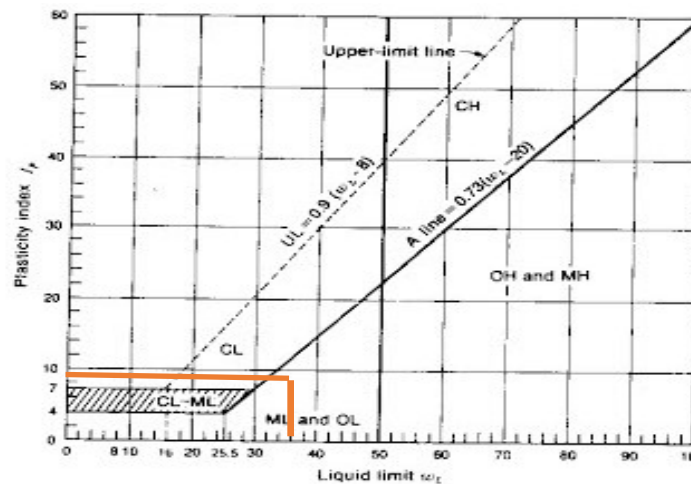
$$PI = LL - PL$$

$$PI = 50 \% - 40,66 \% = 9,34\%$$

Maka nilai Indeks Plastis (PI) didapat sebesar 8,39 %. Dari Hasil grafik dibawah tanah Cikeusik memiliki sifat OH dan MH.



**Gambar.5.7 . Grafik Hubungan Liquid Limit dan Plasticity Index Tanah Cikeusik**



Gambar 5.8. Grafik Hubungan *Liquid Limit* dan *Plasticity Index* Tanah Munjul

Hasil Pengujian laboratorium didapatkan pada tanah Munjul nilai kadar air batas plastis (PL) adalah 26,79 %. Dari hasil pengujian batas cair (LL) pada Tabel dengan nilai LL = 36,5 % dan batas plastis (PL) pada Tabel dengan nilai PL = 26,79 % maka didapat indeks plastis (PI) sebesar :

$$PI = LL - PL$$

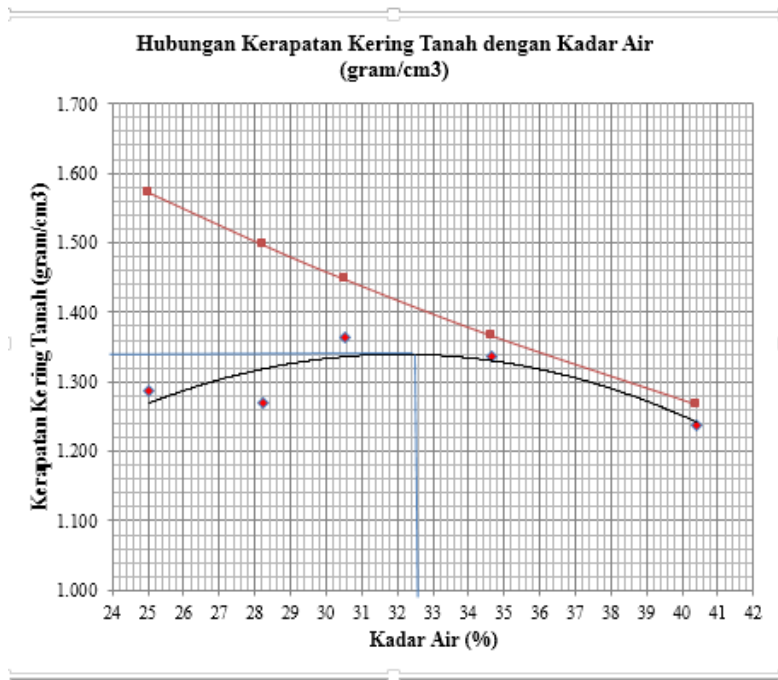
$$PI = 36,5 \% - 26,79 \% = 9,71\%$$

Maka nilai Indeks Plastis (PI) didapat sebesar 9,71%. Dari Hasil grafik dibawah tanah Munjul memiliki sifat ML dan OL.

## 6. Pematatan

Tabel 5.11. Pematatan Tanah Cikeusik

No	Sampel	Symbol	1	2	3	4	5					
1	Penambahan air	ml	300	400	500	600	700					
2	Volume Mold	V mold	816.794	816.794	816.794	816.794	816.794					
3	Massa tanah + Mold	W2	5825	5841.5	5965	5981.5	5930.5					
4	Massa Mold	W mold	4511	4511	4511	4511	4511					
5	Massa tanah basah	W3=W2-W mold	1314	1330.5	1454	1470.5	1419.5					
6	Kerapatan (gram/cm <sup>3</sup> )	$\rho = (W2 - W \text{ mold}) / V \text{ mold}$	1.61	1.63	1.78	1.80	1.74					
7	Kerapatan Kering (gram/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{dn} = (\rho \times 100) / (100 + \omega)$	1.287	1.270	1.364	1.337	1.238					
8	Berat isi (gram/cm <sup>3</sup> )	$y = W3 / V \text{ mold}$	1.609	1.629	1.780	1.800	1.738					
9	Berat Isi kering (gram/cm <sup>3</sup> )	$\dot{y}d = y / (1 + \omega)$	1.554	1.559	1.700	1.694	1.633					
10	Berat jenis	Gs	2.593	2.593	2.593	2.593	2.593					
11	Zero Air Void (SR=100%)	$(Gs \times y \omega) / (1 + (Gs \times \omega))$	1.573	1.497	1.447	1.366	1.266					
Water Content Examination												
			A	B	A	B	A	B	A	B		
12	Massa tanah basah + wadah	W2	21	20.4	24.2	24.2	23.7	23.4	28.2	28.7	26	30
13	Masaa tanah kering + wadah	W3	17.5	16.8	19.7	19.7	19	18.6	21.9	21.9	19.6	22.5
14	Massa wadah	W1	3	2.9	3.6	3.9	3.7	2.8	3	3	3.8	3.9
15	Massa Tanah basah	W4 = W2 - W1	18	17.5	20.6	20.3	20	20.6	25.2	25.7	22.2	26.1
16	Massa tanah kering	W5 = W3 - W1	14.5	13.9	16.1	15.8	15.3	15.8	18.9	18.9	15.8	18.6
17	Berat Air	W6 = W4 - W5	3.5	3.6	4.5	4.5	4.7	4.8	6.3	6.8	6.4	7.5
18	Kadar Air (%)	$\omega = (W6 / W5) \times 100\%$	24.14	25.90	27.95	28.48	30.72	30.38	33.33	35.98	40.51	40.32
19	Kadar Air per variasi (%)	per sample	25.02		28.22		30.55		34.66		40.41	
20	Kadar Air Rata-rata (%)						31.77					
21	Kerapatan kering rata-rata (pdn) gram/cm <sup>3</sup>						1.299					
22	Kadar Air Optimum (%)						32.60					
23	Kerapatan kering maksimum (gram/cm <sup>3</sup> )						1.340					



Method of Test	Standard Proctor Test
W opt (%)	32.6
y Dry Max (gram/cm <sup>3</sup> )	1.34
95% y Dry Max (gram/cm <sup>3</sup> )	1,273

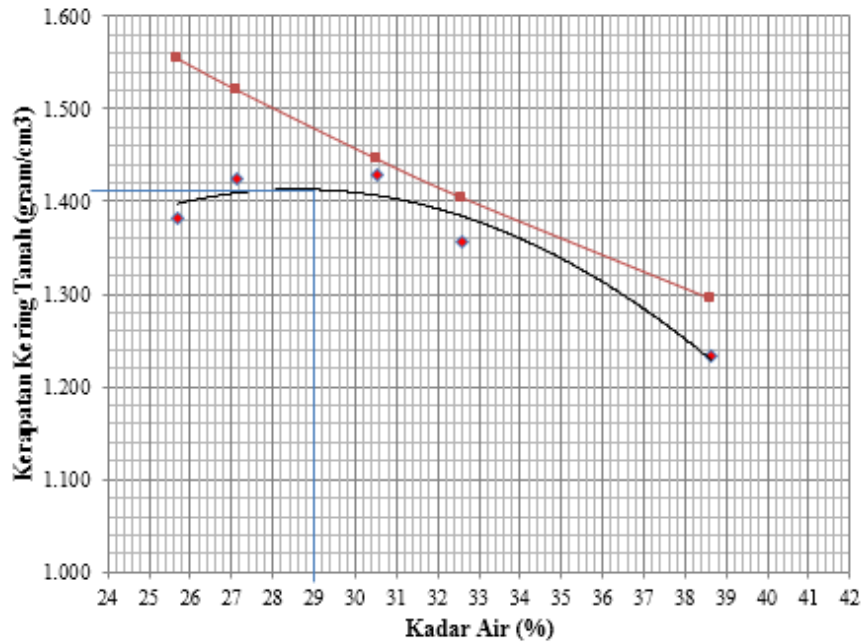
**Gambar 5.9.** Grafik Hasil Uji Pemadatan Tanah Cikeusik  
 Hasil pengujian laboratorium analisa pemadatan tanah Cikeusik di dapat nilai kadar air optimum sebesar 32,6 % dan  $\gamma$  d maksimum sebesar 1,34 gr/cm<sup>3</sup>

**Tabel 5.12. Pemadatan Tanah Munjul**

No	Sampel	Symbol	1	2	3	4	5					
1	Penambahan air	ml	400	475	550	625	700					
2	Volume Mold	V mold	816.794	816.794	816.794	816.794	816.794					
3	Massa tanah + Mold	W2	5930	5990	6035	5980	5908					
4	Massa Mold	W mold	4511	4511	4511	4511	4511					
5	Massa tanah basah	W3=W2-W mold	1419	1479	1524	1469	1397					
6	Kerapatan (gram/cm <sup>3</sup> )	$\rho = (W2 - W \text{ mold}) / V \text{ mold}$	1.74	1.81	1.87	1.80	1.71					
7	Kerapatan Kering (gram/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{dn} = (\rho \times 100) / (100 + \omega)$	1.382	1.424	1.429	1.356	1.234					
8	Berat isi (gram/cm <sup>3</sup> )	$\gamma = W3 / V \text{ mold}$	1.737	1.811	1.866	1.798	1.710					
9	Berat Isi kering (gram/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d = \gamma / (1 + \omega)$	1.634	1.610	1.702	1.603	1.514					
10	Berat jenis	Gs	2.588	2.588	2.588	2.588	2.588					
11	Zero Air Void (SR=100%)	$(G_s \times \gamma_w) / (1 + (G_s \times \omega))$	1.555	1.521	1.446	1.404	1.294					
<b>Water Content Examination</b>												
			A	B	A	B	A	B	A	B		
12	Massa tanah basah + wadah	W2	40.3	56	56.5	51.7	44.6	66.9	54.2	70.7	71	88.9
13	Massa tanah kering + wadah	W3	34	44	44	43	35	53	42	55	58	60
14	Massa wadah	W1	2.8	5.5	3.8	5.4	5	5.2	5.7	5.3	5.2	5.1
15	Massa Tanah basah	W4 = W2 - W1	37.5	50.5	52.7	46.3	39.6	61.7	48.5	65.4	65.8	83.8
16	Massa tanah kering	W5 = W3 - W1	31.2	38.5	40.2	37.6	30	47.8	36.3	49.7	52.8	54.9
17	Berat Air	W6 = W4 - W5	6.3	12	12.5	8.7	9.6	13.9	12.2	15.7	13	28.9
18	Kadar Air (%)	$\omega = (W6 / W5) \times 100\%$	20.19	31.17	31.09	23.14	32.00	29.08	33.61	31.59	24.62	52.64
19	Kadar Air per variasi (%)	per sample	25.68		27.12		30.54		32.60		38.63	
20	Kadar Air Rata-rata (%)						30.91					
21	Kerapatan kering rata-rata ( $\rho_{dn}$ ) gram/cm <sup>3</sup>						1.365					
22	Kadar Air Optimum (%)						29.00					
23	Kerapatan kering maksimum (gram/cm <sup>3</sup> )						1.415					



**Hubungan Kerapatan Kering Tanah dengan Kadar Air (gram/cm<sup>3</sup>)**



Method of Test	Standard Proctor Test
W opt (%)	29
y Dry Max (gram/cm <sup>3</sup> )	1.415
95% y Dry Max (gram/cm <sup>3</sup> )	1.344

**Gambar 5.10.** Uji Pemadatan Tanah Munjul

Sedangkan untuk tanah Munjul didapatkan Kadar air optimum dan berat kering yang didapat hasil pengujian laboratorium kadar air optimum sebesar 29 % dan  $\gamma_d$  maksimum sebesar 1.415 gr/cm<sup>3</sup>.

## 5.2 Persiapan Pengujian Stabilisasi Tanah

Sebelum dilakukan pengujian stabilisasi tanah dilakukan persiapan pengujian yaitu persiapan bahan dan perhitungan awal campuran bahan stabilisasi dari hasil pemadatan standar seperti ditunjukkan pada tabel IV.9

**Tabel 5.13** Resume Hasil Analisis Tanah Natural Cikeusik dan Munjul

Hasil Pengujian	Tanah Cikeusik	Tanah Munjul
LL	50 %	36,5%
PL	40,66%	26,79%
PI	9,34 %	9,71%
USCS	MH dan OH	ML dan OL
Gs	2,593	2,588
Kadar Air (%)	7,65	33,19%
Kadar Air Optimum (%)	32.6	29
Berat Volume Tanah Kering( gr/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.415

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2017).

Pencampuran tanah dan limbah batubara (*flyash*) dilakukan dengan cara mencampur *flyash* dengan tanah terdahulu setelah diaduk secara merata sekita 5 menit kemudian ditambahkan air yang didapat dari kadar

air optimum tanah asli. Setelah itu campuran semen, tanah dan air diaduk kurang lebih 5 – 10 menit. Kemudian dimasukkan kedalam cetakan untuk membuat sampel tes UCS. Uji tersebut dilakukan pada perawatan sampel 0 , 7,14,21,28 hari. Proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada gambar 5.11. Adapun hasil pengujian kuat tekan *flyash* dicampur tanah dapat kita lihat pada Tabel 5.14.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

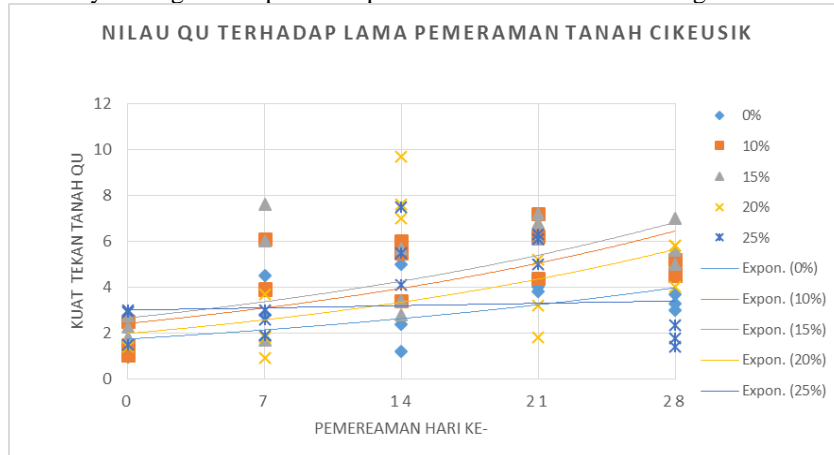


(f)

Gambar 5.11 (a) Proses pencampuran tanah; (b) pepadatan tanah pada Mold ; (c) Hasil Pepadatan; (d ) Sampel UCT dalam pemeraman ; (e ) sampel tanah campuran yang akan diuji setelah diperam sesuai waktu pengujian; ( f ) Pengujian sampel kuat tekan bebas (qu).

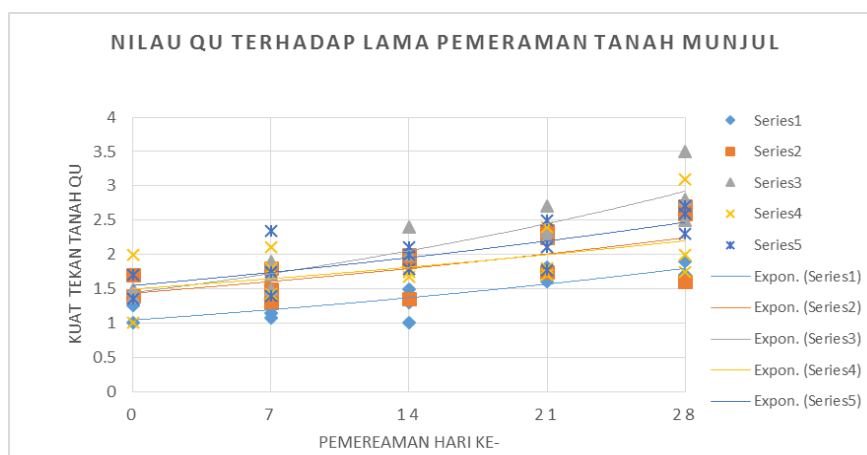
Lokasi	kadar	PENGUJIAN NILAI KUAT TEKAN BEBAS QU(Kg/cm <sup>2</sup> ) HARI KE-														
		0	0	0	7	7	7	14	14	14	21	21	21	28	28	28
Munjul	0%	1	1	1.25	1.07	1.14	1.26	1	1.5	1.3	1.82	1.6	1.8	1.9	1.68	1.7
	10%	1.4	1.4	1.7	1.3	1.5	1.8	1.36	1.9	2	2.25	2.35	1.75	2.7	2.6	1.6
	15%	1.41	1.5	1.38	1.9	1.5	1.7	2	2	2.4	2.7	2.35	2.25	2.5	2.8	3.5
	20%	1.1	2	1	1.42	1.8	2.1	1.68	1.75	2	1.7	1.8	2.4	2	3.1	1.75
	25%	1.2	1.7	1.35	1.4	2.35	1.75	2.1	1.79	2	2.1	1.77	2.5	2.3	2.6	2.7
Cikeusik	0%	2.3	0.94	1.3	1.7	4.5	2.77	1.2	5	2.4	4.1	4	3.8	3.3	3	3.7
	10%	1.5	1.05	2.5	6.1	3.9	3.95	3.42	6	5.5	4.4	6.2	7.2	5.2	4.5	4.6
	15%	1.8	2.25	2.75	6	7.6	1.7	5.7	2.8	3.4	7.2	6.8	6.1	5.6	5	7
	20%	1.4	2.9	1.45	1.8	3.7	0.9	7	9.7	7.6	1.8	3.2	5.2	5.8	4	5.8
	25%	1.5	2.9	3	3	2.6	1.9	5.5	4.1	7.5	5	6.1	6.3	1.4	2.35	1.75

Dari tabel 5.14 terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas antara tanah cibaliung dan sumur begitu berbeda penambahan flyash begitukuat pada campuran tanah Cikeusik dibandingkan tanah Munjul



Gambar 5.12 Kurva hubungan kuat tekan sampel tanah Cikeusik dicampur dengan flyash (kg/cm<sup>2</sup>) terhadap waktu pemeraman

Pada Gambar 5.12 menunjukkan kurva hubungan kuat tekan sampel tanah yang dicampur dengan flyash terhadap konsentrasi flyash . Dari Gambar 5.12 dapat diketahui semakin banyak konsentrasi semen pada tanah Cikeusik belum tentu semakin kuat nilai dari kuat tekan bebasnya. Dari hasil pengujian didapatkan nilai campuran flyash terhadap tanah yang memiliki qu paling baik adalah campuran flyash 15%. Dan semakin ditambahkan campuran flyash yang melebihi 15% kekuatan tekan bebas tanahnya cenderung menurun.



Gambar 5.13 Kurva hubungan kuat tekan sampel tanah Munjul dicampur dengan flyash (kg/cm<sup>2</sup>) terhadap waktu pemeraman.

Pada Gambar 5.13 menunjukkan kurva hubungan kuat tekan sampel tanah yang dicampur dengan *flyash* terhadap konsentrasi *flyash*. Dari Gambar 5.13 dapat diketahui semakin banyak konsentrasi semen pada tanah Munjul belum tentu semakin kuat nilainya dari kuat tekan bebasnya. Dari hasil pengujian didapatkan nilai campuran *flyash* terhadap tanah yang memiliki  $q_u$  paling baik adalah campuran *flyash* 15%. Dan semakin ditambahkan campuran *flyash* yang melebihi 15% kekuatan tekan bebastannya cenderung menurun.

### **Kesimpulan**

Dari hasil pengujian laboratorium didapatkan jenis tanah Kecamatan Munjul dan Kecamatan Cikeusik tergolong tanah lempung dengan jenis munjul (ML;OL) memiliki plastisitas sedang dan Cikeusik (OH;MH) memiliki plastisitas tinggi. Penambahan *flyash* pada kedua tanah yang berasal dari munjul maupun cikeusik terdapat pada penambahan 15% *flyash* untuk mendapatkan nilai kuat tekan tanah terbaik.

### **Saran**

Untuk penelitian selanjutnya disarankan penambahan air pada campuran berdasarkan kadar air optimum tiap variasi prosentase *flyash*.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Afaf Ghais Abadi Ahmed.,Dr.,(2014) Fly Ash Utilization in Soil Stabilization. *International Conference on Civil,Biological and Environmental Engineering. Istanbul Turkey* .
- Budhu, M.(2007) *Soil Mechanics and Foundations*..Jhon Willey & Sons, America.
- Das, Braja.M. (1988) *Mekanika Tanah*” , Erlangga, Jakarta.
- Gyanen., Takehelmayum,Savitha.A.L,and Krishna Gudi.(2013).Laboratory Study on Soil Stabilization Using Fly ash Mixtures. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* , Vol. 2,Issue 1.
- Karthik.S , (2014) Soil Stabilization By Using Fly Ash, *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Volume 10,Issue 6.
- Rama Indera Kusuma.(2013) Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan fly Ash Terhadap Nilai CBR. *Jurnal Fondasi*,Vol. 2, No. 2,hal 169-181.
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno .(2008).Pemanfaatan Limbah Batubara (fly ash) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran Lingkungan.