



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-BC**
(Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar)
2. **ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SP. BANGKA JAYA-GEULUMPANG SULU TIMU KABUPATEN ACEH UTARA**
(Amaliaburga Gianina Gleda, Chairil Anwar, Khamistan)
3. **EVALUASI KINERJA OPERASIONAL RUANG PEDESTRIAN PADA LAPANGAN MERDEKA KOTA MEDAN**
(Aminah Jahara Nst, Zairipan Jaya, Ismail)
4. **ANALISIS PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU (COST CONTROL FRAMEWORK) PENINGKATAN JALAN UER LAH-SIMPANG LANCANG KABUPATEN BENER MERIAH**
(Fajri Jayusman, Jafar Siddik, Zulfikar)
5. **SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS DENGAN SERBUK BESI PADA CAMPURAN LASTON AC-WC**
(Iman Saputra, Rosalina, Cut Yusnar)
6. **PENGARUH ABU CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGA ALTERNATIF SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR TERHADAP SIFAT MEKANIS MORTAR**
(Kurniawan Temas Mico Arita, Amir Fauzi, Ruhana)
7. **KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)**
(Laisa Isma, Mulizar, Aiyub)
8. **PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) UNTUK PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG**
(Muhammad Andryansyah Siregar, Gusrizal, Syukri)
9. **ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN PONDOK BARU SAMAR KILANG KABUPATEN BENER MERIAH**
(Saiful Fahmi, Bakhtiar A Wahab, Munardy)
10. **PENGGUNAAN AGREGAT KARAKTERISTIK DUA LOKASI BERBEDA PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC**
(Zuryati, Sulaiman Ar, Musbar)

Jurnal Sipil
Sains Terapan

Volume 04
Nomor 01

Hal:
1-77

Buketrata,
Maret 2021

ISSN
2620-6366

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Lhokseumawe

Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

Dewan Editor:

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	(Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Muliadi, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Malikussaleh)
Syarwan, S.T., M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Malikussaleh)

Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

Alamat:

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

DAFTAR ISI

Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-BC (Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar).....	1-6
ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SP. BANGKA JAYA-GEULUMPANG SULU TIMU KABUPATEN ACEH UTARA (Amaliaburga Gianina Gleda, Chairil Anwar, Khamistan).....	7-15
EVALUASI KINERJA OPERASIONAL RUANG PEDESTRIAN PADA LAPANGAN MERDEKA KOTA MEDAN (Aminah Jahara Nst, Zairipan Jaya, Ismail).....	16-23
ANALISIS PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU (COST CONTROL FRAMEWORK) PENINGKATAN JALAN UER LAH-SIMPANG LANCANG KABUPATEN BENER MERIAH (Fajri Jayusman, Jafar Siddik, Zulfikar).....	24-30
SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS DENGAN SERBUK BESI PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (Iman Saputra, Rosalina, Cut Yusnar).....	31-39
PENGARUH ABU CANGKANG KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGA ALTERNATIF SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR TERHADAP SIFAT MEKANIS MORTAR (Kurniawan Temas Mico Arita, Amir Fauzi, Ruhana).....	40-48
KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) (Laisa Isma, Mulizar, Aiyub).....	49-57
PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) UNTUK PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG (Muhammad Andryansyah Siregar, Gusrizal, Syukri).....	58-62
ANALISIS RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN PONDOK BARU SAMAR KILANG KABUPATEN BENER MERIAH (Saiful Fahmi, Bakhtiar A Wahab, Munardy).....	63-70
PENGGUNAAN AGREGAT KARAKTERISTIK DUA LOKASI BERBEDA PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC (Zuryati, Sulaiman Ar, Musbar).....	71-77
Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah	78

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

PENGANTAR REDAKSI

Assalamualaikum wr wb.

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 04 Nomor 01 Edisi Maret 2021 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Skripsi dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 04 Nomor 01 Edisi Maret 2021 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi

PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) UNTUK PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG

Muhammad Andryansyah Siregar, Gusrizal¹, Syukri²

¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: andryansiregar8@gmail.com

²⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: gusrizalsipil60@pnl.ac.id

³⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: syukri@pnl.ac.id

ABSTRAK

Salah satu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah adalah dengan cara stabilisasi menggunakan bahan aditif abu batu bara. Jenis tanah yang menjadi objek penelitian ini berasal dari Quarry Cot Kayee Adang, Meunasah Manyang Kota Lhokseumawe. Pengujian yang dilakukan meliputi sifat fisik dan sifat mekanis yaitu pemadatan standar dan CBR Laboratorium. Komposisi masing-masing bahan aditif adalah 5%, 10%, 15% dan 20% dengan masa pemeraman 1 hari. Kedua bahan ini masing-masing dicampurkan pada tanah lempung secara terpisah untuk mengetahui pengaruh terhadap daya dukung, kemudian hasilnya dibandingkan dengan tanah asli. Hasil penelitian menunjukkan abu batu bara dapat memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung. Pada pemadatan standar semula γ_d 1,54 gr/cc terjadi penurunan 1,43 gr/cc, demikian juga dengan w optimum semula 23,00% terjadi kenaikan 29,2%. Pada pengujian CBR unsoaked semula nilai CBR adalah 13,9% setelah diperam selama 1 hari terjadi peningkatan hingga 15,7%, dan pengujian CBR soaked semula nilai CBR 5,1% terjadi peningkatan 6,2%. Pemakaian aditif abu batu bara dapat meningkatkan daya dukung seiring bertambahnya persentase campuran.

Kata kunci: tanah lempung, abu batu bara, CBR

I. PENDAHULUAN

Kondisi tanah pada perencanaan jalan sangat berpengaruh terhadap kekuatan jalan tersebut. Jalan yang memiliki nilai daya dukung yang rendah akan mempengaruhi kekuatan jalan tersebut sehingga mudah rusak dan mengalami penurunan. Stabilisasi tanah adalah perbaikan sifat-sifat fisik dan mekanis dari tanah yang kurang baik menjadi tanah yang baik. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan tambahan tertentu pada tanah yang kurang baik. Beberapa bahan campuran yang sudah digunakan secara luas meliputi kapur, semen portland, ISS dan aspal. Tanah lempung organik yang berasal dari Cot Kayee Adang Desa Meunasah Manyang Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe, yang diketahui mempunyai nilai daya dukung rendah untuk subgrade akan distabilisasi dengan menggunakan Abu Vulkanik dan Abu Sekam Padi, sehingga memenuhi syarat subgrade yaitu 6%.

Masalah pokok tersebut dapat dijabarkan sebagai seberapa besar pengaruh perbandingan penggunaan abu batu bara (fly ash) terhadap stabilisasi tanah lempung dan seberapa besar persentase optimum Fly Ash terhadap tanah lempung untuk meningkatkan daya dukung tanah.

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah jenis lempung yang diperoleh dari Cot Kayee Adang Desa Meunasah Manyang Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe. Bahan tambah abu batu bara yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap setiap berat pengujian dari sampel tanah lempung yang akan diuji.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja daya dukung tanah lempung yang tidak memenuhi syarat dengan menggunakan bahan campuran abu batu bara (*Fly Ash*). Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perubahan stabilisasi tanah pada tiap masing-masing persentase campuran terhadap daya dukung tanah tersebut.

Tanah lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Tanah lempung biasa

digunakan sebagai bahan timbunan jalan raya. Sifat umum dari tanah lempung adalah sangat keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis dalam keadaan kadar air sedang. Namun ketika kadar air tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Oleh sebab itu, tanah lempung perlu dilakukan stabilisasi, (Bowler 1984).

Fly ash (abu terbang) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada power plants. *Fly ash* mempunyai titik lebur sekitar 1300°C dan berdasarkan uji komposisi kimia fly ash mengandung CAS ($\text{CO-A1}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$) dalam jumlah besar yang merupakan pembentuk utama network glass. Fly ash mempunyai kerapatan massa (densitas) antara 2,0 – 2,5 g/cm^3 (Bienias, 2003).

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah asli dan tanah yang diberikan bahan stabilisasi berupa penambahan Abu Batu Bara dengan berbagai variasi campuran. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Cot Kayee Adang, Desa Meunasah Manyang, Kecamatan Muara Dua, Kota Lhokseumawe. Abu Batu Bara yang digunakan berasal dari PLTU Nagan Raya.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan pemadatan atau menambahkan bahan tertentu. Stabilisasi tanah biasanya memiliki tujuan utama untuk mengubah sifat teknis dan mekanis tanah itu sendiri.

Dengan dilakukannya stabilisasi tanah, kualitas tanah akan semakin meningkat. Lapisan tanah yang lebih stabil membuatnya dapat mendistribusikan beban lebih jauh lagi dengan lebih baik. Selain itu, tebal lapisan tanah yang harus dibuat juga berkurang sehingga juga mengurangi biaya pembangunan. Terdapat 2 cara umum yang bisa dilakukan untuk menstabilkan tanah yaitu stabilisasi secara mekanis dan stabilisasi secara fisis.

Stabilisasi secara mekanis ini dilakukan dengan mencampur dua atau lebih macam tanah dengan gradasi berbeda sehingga materialnya menjadi lebih baik, kuat dan memenuhi syarat. Cara ini juga bisa dilakukan dengan membongkar tanah di lokasi, kemudian menggantinya dengan material yang lebih memenuhi syarat. Sedangkan stabilisasi secara fisis ini dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu pada tanah agar dapat memenuhi syarat. Bahan yang ditambahkan biasanya dari pabrik dan dicampurkan dengan perbandingan tepat sehingga meningkatkan sifat tanah dan membuatnya lebih kuat serta memenuhi syarat, (Andreas Dharmawan Huri).

A. Pemadatan Standar

Pemadatan adalah suatu proses merapatkan partikel – partikel tanah dengan cara mengurangi pori – pori udaranya. Untuk pengujian ini biasanya dilakukan dengan melakukan alat – alat mekanis seperti rolling atau vibrasi. (Asrilchan Joysonly Sihotang). Adapun rumus yang berhubungan dengan standard compaction adalah sebagai berikut:

Untuk menghitung kepadatan tanah basah.

$$\gamma_b = \frac{\text{Berat tanah}}{V} \quad (\text{gr/cm}^3)$$

Dimana: W_1 = berat cetakan + keeping alas

W_2 = berat cetakan + keeping alas + tanah

V = volume cetakan

Untuk membuat garis ZAV dapat ditulis dengan persamaan :

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{G_s - \gamma_w}{1 + w - G_s}$$

Dimana: G_s = berat jenis tanah
 γ_w = berat jenis air
 w = kadar air

Untuk menghitung kepadatan tanah kering, dapat digunakan dengan rumus:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

Dimana: γ_d = kepadatan tanah kering (gr/cm^3)
 γ_b = kepadatan tanah basah (gr/cm^3)
 w = kadar air

B. California Bearing Ratio (CBR)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum digunakan yaitu dengan cara-cara empiris, yang biasa dikenal adalah cara CBR (California Bearing Ratio). Metode ini dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan, (Canonica, 1991).

Pengujian kekuatan CBR dilakukan dengan alat yang mempunyai piston dengan luas 3 sq inch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, proving ring digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2" dengan rumus sebagai berikut:

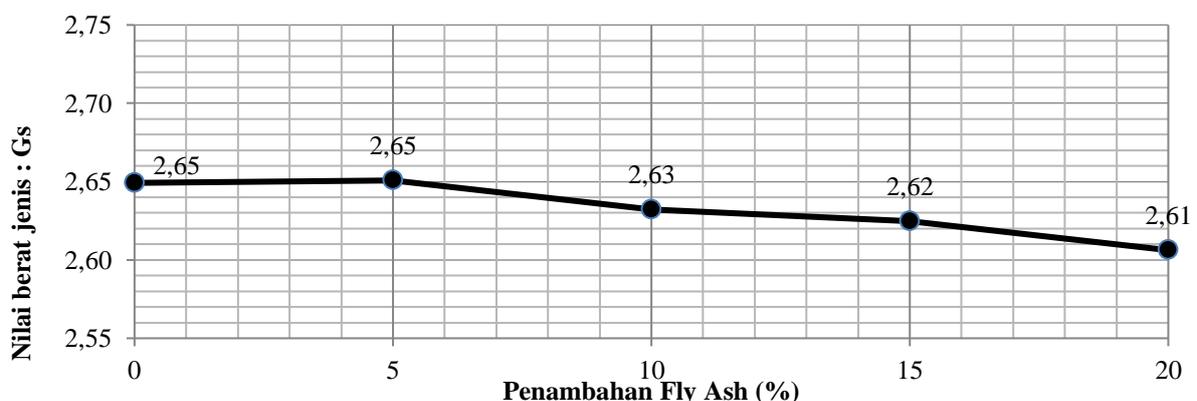
$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,1"} = \frac{A}{3000} \times 100\%$$

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,2"} = \frac{B}{4500} \times 100\%$$

Dimana: A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1"
 B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2"

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air dan dengan bahan stabilisasi yaitu Abu Batu Bara (Fly Ash), lalu destilasi udara dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berikut adalah hasil pengujian Tanah dengan campuran Abu Batu Bara (Fly Ash) antara lain:

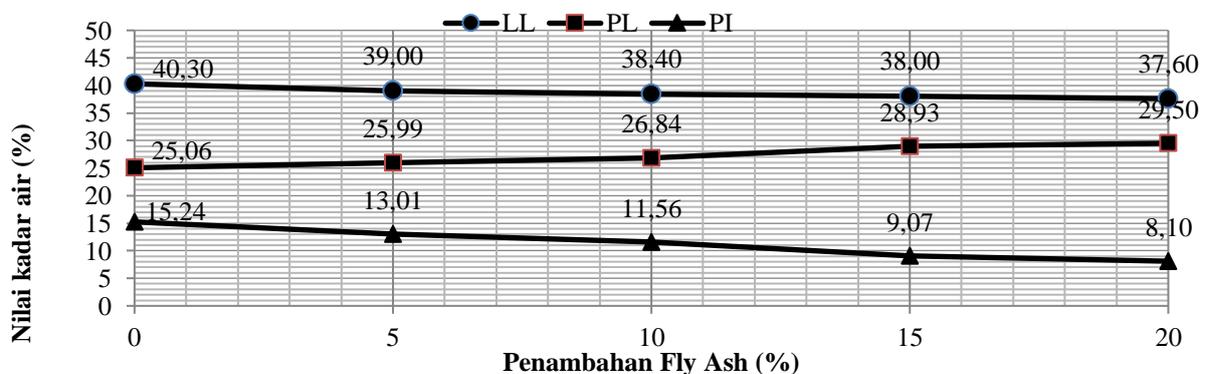


Gambar 1. Grafik Pengujian Berat Jenis

Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah

NO.	URAIAN PENGUJIAN	SATUAN	Nilai Parameter	
1	Kadar Air Tanah Asli	%	8,74	
2	Berat Isi/ Density (ρ)	gr/cm ³	1,42	
3	Berat Spesifik (Gs)	-	2,65	
4	Analisa Saringan (Persen Lolos)	No. 4	%	100,00
		No. 10	%	99,50
		No. 200	%	99,25
		No. 40	%	98,74
		No. 100	%	84,70
		No. 200	%	69,67
		Analisa Hydrometer (Persen Lolos)	> 50 \square	%
	> 5 $\square\square\square\square\square\square$	%	28,67	
	> 2 $\square\square\square\square\square$	%	24,23	
	< 2 $\square\square$	%	20,89	
5	Batas-batas Atterberg			
	Batas Cair (LL)	%	40,30	
	Batas Plastis (PL)	%	25,06	
	Indeks Plastisitas (PI)	%	15,24	
Klasifikasi tanah berdasarkan System ASSHTO		-	A-7-6(10)	
Klasifikasi tanah berdasarkan System USCS		-	CL	
6	Uji Proktor Standar			
	\square d.maksimum $W_{optimum}$	gr/cm ³ %	1,54 23,00	
7	CBR Laboratorium			
	CBR Tanpa Rendaman	%	13,9	
	CBR Rendaman	%	5,1	

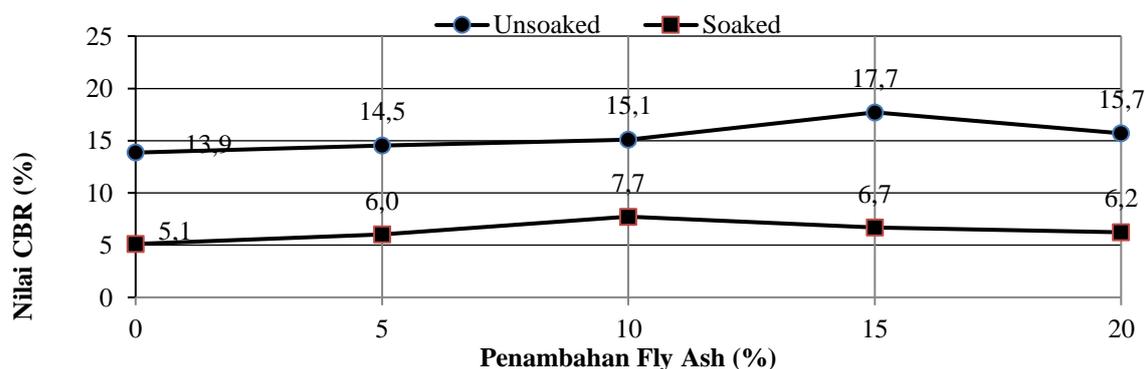
Seperti yang terlihat pada gambar 1 yang pada awalnya nilai berat jenis tanah asli adalah 2,65, kemudian pada penambahan fly ash 5%, berat jenis tanah masi tetap sama 2,65 dan pada penambahan fly ash 10% mengalami penurunan menjadi 2,63, selanjutnya penambahan dengan fly ash 15% menjadi 2,62. Dan yang terakhir penambahan fly ash 20% menjadi 2,61 hal ini membuktikan bahwa penambahan fly ash dapat mempengaruhi penurunan nilai berat jenis (*specific gravity*) suatu tanah.



Gambar 2. Grafik Pengujian Batas-batas Atterberg

Batas – batas *Atterberg* merupakan sifat fisik yang penting pada tanah lempung. Dari hasil penelitian menunjukkan semakin besar penambahan fly ash semakin menurun nilai batas atterbeg. Adapun nilai *Indeks Plastis* tanah asli 15,24% terjadi penurunan nilai *Indeks*

Plastis pada campuran dengan fly ash 5% menjadi 13,01%, persentase fly ash 10% menjadi 11,56%, persentase Fly Ash 15% menjadi 9,07%, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan kadar fly ash tanah lempung maka akan dapat mengendalikan sifat plastis dari tanah lempung tersebut, sehingga tanah menjadi lebih stabil.



Gambar 3. Grafik Pengujian CBR Unsoaked dan Soaked

Pada grafik yang ditunjukkan oleh gambar 3, disamping peningkatan yang dialami penambahan fly ash dapat dilihat juga nilai pengujian CBR unsoaked untuk pemeraman 1 hari terbesar ada pada campuran fly ash 15% sebesar 17,7%. Sedangkan pada pengujian CBR soaked dengan perendaman 4 hari nilai CBR maksimum didapat pada campuran fly ash 10% sebesar 7,7%.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat ditarik bahwa penggunaan fly ash sebagai bahan stabilisasi tanah lempung mengalami penurunan nilai berat jenis tanah asli yaitu dari 2,65 menjadi 2,60 pada komposisi fly ash 20%. Batas-batas *Atterberg* juga mengalami penurunan yaitu LL, dimana nilai LL tanah asli 40,30%, bila dicampur dengan fly ash dengan komposisi 20%, maka nilai LL menjadi 37,60%. Nilai PI tanah asli yaitu 15,24%, setelah dilakukan pencampuran dengan fly ash 20% nilai indeks plastis turun menjadi 8,10%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi setiap penambahan fly ash.

Peningkatan persentase fly ash pada tanah uji pemadatan memberikan perilaku yang sama, yaitu tanah asli mempunyai W_{opt} yaitu 23,00% dan γ_{dmax} 1,54 gr/cc. Bila distabilisasi menggunakan fly ash dengan bertambahnya komposisi campuran, W_{opt} meningkat dan γ_d maks menurun yaitu pada komposisi fly ash 20% W_{opt} sebesar 29,2% dan γ_d maks sebesar 1,43 gr/cc, Penggunaan fly ash untuk stabilisasi tanah menyebabkan peningkatan nilai CBR Unsoaked seiring dengan meningkatnya kadar fly ash yaitu nilai CBR Unsoaked tanah asli 13,9%, dengan campuran fly ash 15% dan masa pemeraman 1 hari nilai CBR Unsoaked naik sebesar 17,7%. Peningkatan nilai CBR Unsoaked terjadi pada campuran 15% yaitu 17,7%

DAFTAR PUSTAKA

- Das M, Braja. 1988. Mekanika Tanah. Erlangga: Jakarta.
 Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. Mekanika Tanah 1. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
 NSPM Kimpraswil. 2002. Metode, Spesifikasi dan Tata Cara. Balitbang Kimpraswil: Jakarta.
 Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Stabilisasi Tanah Untuk perkerasan Jalan. Gadjah Mada University Press : Jakarta.
 Craig R. F. 1994. Mekanika Tanah. Erlangga: Jakarta
 Supardin, 2012. Penuntun Dan Lembar Kerja Praktikum Pengujian Tanah. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe: Lhokseumawe.