



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BAN BEKAS TERHADAP PARAMETER MARSHALL BETON ASPAL AC-BC**
(Fadhilatul Aula, Miswar, Ibrahim)
2. **EVALUASI ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN JALAN TINGKEM BARO-KUALA CEURAPE KABUPATEN BIREUEN**
(Fatina Arwa, Munardy, Ismail)
3. **KARAKTERISTIK TANAH EKSPANSIF YANG DISTABILISASIKAN DENGAN BAHAN TAMBAH GEOPOLIMER METAKAOLIN**
(Geubrina Rayyan Putri, Andrian Kaifan, Hanif)
4. **PENGARUH PENGGUNAAN NILAI FINE MODULUS AGREGAT HALUS DAN VOLUME FOAM TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN**
(Ghaitsa Zahira Sabila, Syamsul Bahri, Khairul Miswar)
5. **KARAKTERISTIK PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI (ASP) SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN LASTON ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)**
(Miftahul Jannah, Sulaiman Ar, Teuku Riyadhshyah)
6. **ANALISIS KETERLAMBATAN PROYEK PENINGKATAN STRUKTUR JALAN BINTANG HU-BUKET HAGU SEKSI I LHOKSUKON (METODE FAULT TREE ANALYSIS)**
(Muhammad Rafli Zulmy, Zulfikar A Makam, Abdul Muhyi)
7. **ANALISIS KERUSAKAN JALAN DAN PENANGANAN DENGAN METODE BINA MARGA (STUDI KASUS: JALAN SIMPANG KKA STA 42+000 S/D 44+000)**
(Muhammad Sandi Syahputra, Gustina Fitri, Abdullah Irwansyah)
8. **STUDI STABILISASI URUGAN PILIHAN MENGGUNAKAN FLY ASH UNTUK LAPIS PONDASI JALAN**
(Putri Balqis, Mulizar, Fauzi A Gani)
9. **RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SDN PANGGOI-PAYA BILI KOTA LHOKSEUMAWA**
(Suheimi, Bakhtiar A, Iponsyahputra bin Amiruddin)
10. **PENGARUH PENAMBAHAN POFA DENGAN TANAH LEMPUNG UNTUK MENINGKATKAN DAYA DUKUNG TANAH BERDASARKAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO**
(Yulia Zahara, Gusrizal, Muhammad Reza)

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penanggung Jawab

Kepala Pusat 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)
Ir. Munardy, 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

Dr. 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
1. PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BAN BEKAS TERHADAP PARAMETER MARSHALL BETON ASPAL AC-BC (Fadhilatul Aula, Miswar, Ibrahim)	1-8
2. EVALUASI ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN JALAN TINGKEM BARO-KUALA CEURAPE KABUPATEN BIREUEN (Fatina Arwa, Munardy, Ismail)	9-15
3. KARAKTERISTIK TANAH EKSPANSIF YANG DISTABILISASIKAN DENGAN BAHAN TAMBAH GEOPOLIMER METAKAOLIN (Geubrina Rayyan Putri, Andrian Kaifan, Hanif).....	16-21
4. PENGARUH PENGGUNAAN NILAI FINE MODULUS AGREGAT HALUS DAN VOLUME FOAM TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN (Ghaisa Zahira Sabila, Syamsul Bahri, Khairul Miswar).....	22-27
5. KARAKTERISTIK PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI (ASP) SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN LASTON ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) (Miftahul Jannah, Sulaiman Ar, Teuku Riyadhshyah).....	28-34
6. ANALISIS KETERLAMBATAN PROYEK PENINGKATAN STRUKTUR JALAN BINTANG HUBUKET HAGU SEKSI I LHOKSUKON (METODE FAULT TREE ANALYSIS) (Muhammad Rafli Zulmy, Zulfikar A Makam, Abdul Muhyi).....	35-42
7. ANALISIS KERUSAKAN JALAN DAN PENANGANAN DENGAN METODE BINA MARGA (STUDI KASUS: JALAN SIMPANG KKA STA 42+000 S/D 44+000) (Muhammad Sandi Syahputra, Gustina Fitri, Abdullah Irwansyah).....	43-50
8. STUDI STABILISASI URUGAN PILIHAN MENGGUNAKAN FLY ASH UNTUK LAPIS PONDASI JALAN (Putri Balqis, Mulizar, Fauzi A Gani).....	51-56
9. RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SDN PANGGOI-PAYA BILI KOTA LHOKSEUMAWE (Suheimi, Bakhtiar A, Iponsyahputra bin Amiruddin).....	57-60
10. PENGARUH PENAMBAHAN POFA DENGAN TANAH LEMPUNG UNTUK MENINGKATKAN DAYA DUKUNG TANAH BERDASARKAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (Yulia Zahara, Gusrizal, Muhammad Reza).....	61-67
Petunjuk Penulisan Artikel Ilmiah	68

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 07 Nomor 02 Edisi September 2024 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 07 Nomor 02 Edisi September 2024 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

STUDI STABILISASI URUGAN PILIHAN MENGGUNAKAN FLY ASH UNTUK LAPI PONDASUI JALAN

Putri Balqis¹, Mulizar², Fauzi A Gani³

- ¹ Mahasiswa, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: putribalqis837@gmail.com
² Mulizar, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: mulizar@pnl.ac.id
³ Fauzi A Gani, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: fauzi@pnl.ac.id

ABSTRAK

Urugan pilihan merupakan material yang digunakan untuk meningkatkan kualitas subgrade, dengan syarat material harus memenuhi spesifikasi tertentu. Penelitian ini fokus pada penggunaan urugan pilihan yang diambil dari Quarry Lhoknibong dan diolah dengan penambahan fly ash dari PLTU Pangkalan Susu. Fly ash, sebagai sisa pembakaran batu bara berbentuk partikel halus, menawarkan potensi pengurangan dampak lingkungan melalui pemanfaatannya sebagai bahan tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat fisis urugan pilihan serta menentukan komposisi campuran optimal dengan tambahan fly ash. Metode penelitian mengikuti standar AASHTO, ASTM, dan SNI, meliputi pengujian sifat fisis dan mekanis seperti pemadatan modified dan California Bearing Ratio (CBR). Hasil analisis menunjukkan nilai Plasticity Index (PI) sebesar 10,27% dan Liquid Limit (LL) 30,50%, yang mengklasifikasikan tanah sebagai A-2-6 menurut AASHTO dan GC menurut USCS. Penambahan fly ash dalam komposisi 5%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan peningkatan nilai CBR, dengan nilai optimum mencapai 43,6% pada kondisi unsoaked dan 41,3% pada kondisi soaked pada persentase 15% fly ash. Penelitian ini mengindikasikan bahwa fly ash dapat meningkatkan kualitas urugan pilihan, dengan manfaat tambahan berupa pengurangan dampak lingkungan dari limbah industri.

Kata kunci: Urugan Pilihan, Fly Ash, CBR, Stabilisasi

I. PENDAHULUAN

Urugan pilihan adalah urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang disyaratkan dalam perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan pondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah di belakang dinding penahan tanah talud jalan. Tanah urugan pilihan tersebut diperoleh dari Quarry Lhoknibong, Aceh Timur.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil sampel urugan pilihan Lhoknibong, Aceh Timur yang kemudian ditambahkan fly ash sebagai bahan stabilisasinya. Berdasarkan hasil penelitian pada tanah tersebut dapat dijadikan sebagai subbase Perkerasan Jalan dikarnakan memenuhi persyaratan dimana nilai CBR subbase yang digunakan minimum 30%. dan nilai CBR Unsoaked yang di peroleh yaitu 31,5%.

Benda uji yang digunakan dalam kondisi tanah asli dan dari hasil stabilisasi. Benda uji dikondisikan dalam bentuk rendaman (soaked) dan tanpa rendaman (unsoaked). Pengujian kekuatan benda uji dilakukan dengan metode sifat fisis dan mekanis. Adapun metode dari pengujian sifat fisis diantaranya kadar air, berat volume, berat jenis, analisa saringan, Atterberg, Klasifikasi tanah (AASHTO). Klasifikasi tanah (USCS). Metode dari pengujian sifat mekanis tanah diantaranya yaitu Pemadatan Modified (Proctor Modified), California Bearing Ratio (CBR). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat fisis urugan pilihan, pemanfaatan fly ash sebagai bahan stabilisasi ditinjau terhadap nilai CBR, untuk mengetahui komposisi campuran yang optimal.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan pada Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, data yang dikumpulkan dalam penelitian meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperlukan sebagai pendukung utama untuk penulisan skripsi. Data ini diperoleh dari pemeriksaan atau pengamatan laboratorium yang akan dibahas dan diambil kesimpulan. Data diperoleh melalui pengamatan atau pemeriksaan di laboratorium, pengujian ini meliputi uji sifat fisis tanah yaitu pengujian kadar air, uji berat volume, uji berat spesifik, uji analisa saringan, uji batas-batas konsistensi. Adapun pengujian mekanis tanah, yang meliputi pengujian pemadatan modified dan california bearing ratio (CBR). Data sekunder yang diperlukan adalah peta Lokasi pengambilan tanah dan bahan tambah yang digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Tanah Asli

Dari pengujian tanah asli sifat fisis yang meliputi pengujian kadar air (w), berat volume (γ_b), pengujian *specific gravity* (G_s), pengujian batas cair, pengujian batas plastis, dan indeks plastis, analisa saringan, klasifikasi tanah berdasarkan system AASHTO, klasifikasi tanah berdasarkan system USCS. Selanjutnya pengujian sifat mekanis yang meliputi pengujian pemadatan modified, pengujian CBR laboratorium. Diperoleh data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Tanah Asli

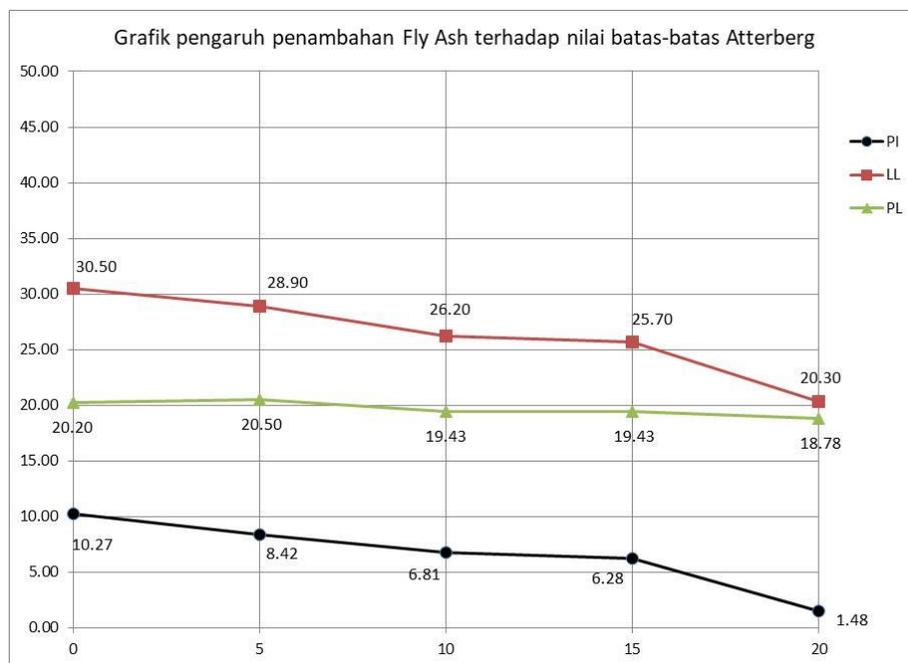
No	Uraian Pengujian	Satuan	Nilai Parameter
1	Kadar Air Tanah Asli	%	8.49
2	Berat Isi/ Density (ρ)	gr/cm ³	1.66
3	Berat Spesifik (G_s)		2.67
4	Analisa Saringan (Persen Lolos)		
	4"	%	100.00
	3"	%	100.00
	2 1/2"	%	100.00
	2"	%	98.46
	1 1/2"	%	92.67
	1"	%	83.83
	3/4"	%	79.99
	3/8"	%	68.34
	No. 4	%	54.47
	No. 10	%	49.78
	No. 40	%	41.65
	No. 200	%	33.05
5	Batas-batas Atterberg		
	Batas Cair (LL)	%	30.47
	Batas Plastis (PL)	%	20.20
	Indeks Plastisitas (PI)	%	10.27
	Klasifikasi tanah berdasarkan System ASSHTO	-	A-2-6
	Klasifikasi tanah berdasarkan System USCS	-	GC
6	Uji Proktor Modified		
	$\gamma_{d,maximum}$	gr/cm ³	2.10
	$W_{optimum}$	%	8.67
7	CBR Laboratorium		
	CBR Tanpa Rendaman	%	31.5
	CBR Rendaman (4 hari)	%	18.2

B. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Atterberg mengemukakan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan airnya. Batas-batas *Atterberg* tersebut adalah batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Pada penelitian ini tanah urugan pilihan distabilisasikan dengan fly ash, komposisi masing-masing campuran yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dari hasil perhitungan batas-batas *Atterberg* diperoleh hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Nomor	Specimen	LL (%)	PL (%)	PI (%)
1	Urugan Pilihan/Tanah asli	30.50	20.20	10.27
2	Urugan Pilihan + Fly Ash 5%	28.90	20.50	8.42
3	Urugan Pilihan + Fly Ash 10%	26.20	19.43	6.81
4	Urugan Pilihan + Fly Ash 15%	25.70	19.43	6.28
5	Urugan Pilihan + Fly Ash 20%	20.30	18.78	1.48



Gambar 1. Hubungan penambahan campuran Fly Ash terhadap nilai batas Atterberg

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai batas cair pada pencampuran tanah dengan Fly Ash yang divariasikan dari 5-20% mengakibatkan berkurangnya indeks plastisitas (PI), dimana nilai LL pada pengujian tanah asli diperoleh 30,50, kemudian pada pencampuran fly ash 5% nilai LL menurun menjadi 28,90, begitu pula pada pencampuran fly ash 10% nilai LL semakin menurun menjadi 26,20, dan pada pencampuran 15% fly ash nilai LL juga menurun menjadi 25,70, serta pada pencampuran 20% fly ash nilai LL menjadi 20,30.

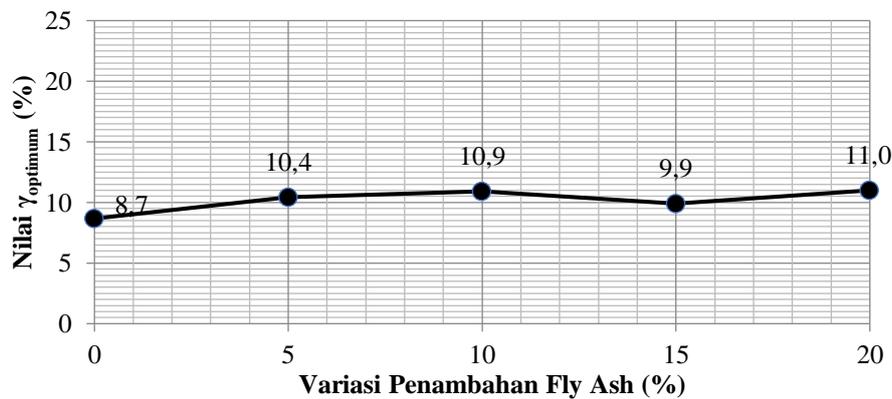
Nilai dari Batas Plastis (PL) tanah asli memperoleh hasil sebesar 20,20%, kemudian pada pencampuran fly ash 5% nilai PL meningkat menjadi 20,50, serta pada fly ash 10% dan 15% nilai PL menjadi 19,43, selanjutnya pada variasi terakhir dengan fly ash 20% nilai PL menurun menjadi 18,78.

Nilai dari Indeks Plastisitas (PI) dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil pengurangan antara batas cair dan batas plastis. Pada pengujian tanah asli nilai PI didapat 10,27%, selanjutnya dengan penambahan fly ash 5% nilai PI menurun menjadi 8,42%, begitu pula dengan penambahan fly ash 10% nilai PI menurun menjadi 6,81, selanjutnya

penambahan fly ash 15% nilai PI tetap menurun menjadi 6,28%, dan pada penambahan fly ash 20% nilai PI semakin menurun menjadi 1,48.

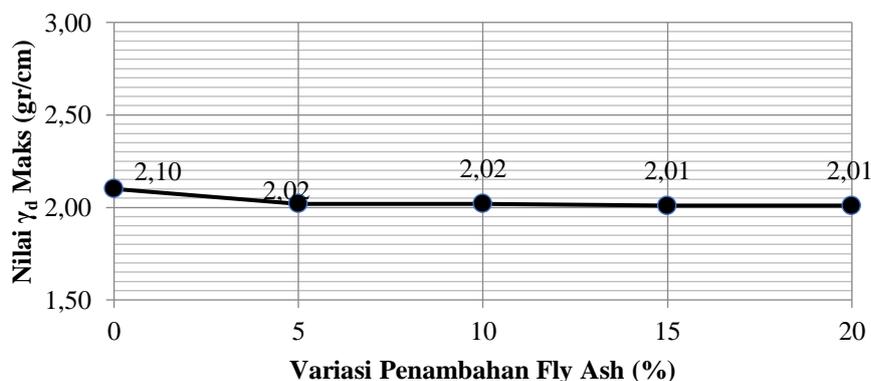
C. Hasil Pengujian Pematatan Modified

Pengujian Proctor modified yang dilakukan terhadap tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan bahan stabilisasi yaitu Fly Ash menggunakan kadar air yang bervariasi. Sebelum dicampur dengan Fly Ash, benda uji awalnya dilembabkan dengan kadar air tertentu yang diberikan dan diperam selama 24jam. Setelah itu tanah dicampur dengan Fly Ash dengan kadar Fly Ash divariasikan: 5%, 10%, 15%, dan 20% didasarkan pada berat kering tanah. Setelah ditambahkan Fly Ash, campuran tanah dengan Fly Ash segera dipadatkan (dengan tanpa penundaan waktu). Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar air optimum (Wopt) dan berat isi kering maksimum (γ_d maks) dari masing-masing campuran.



Gambar 2. Hubungan Nilai Wopt terhadap penambahan Fly Ash

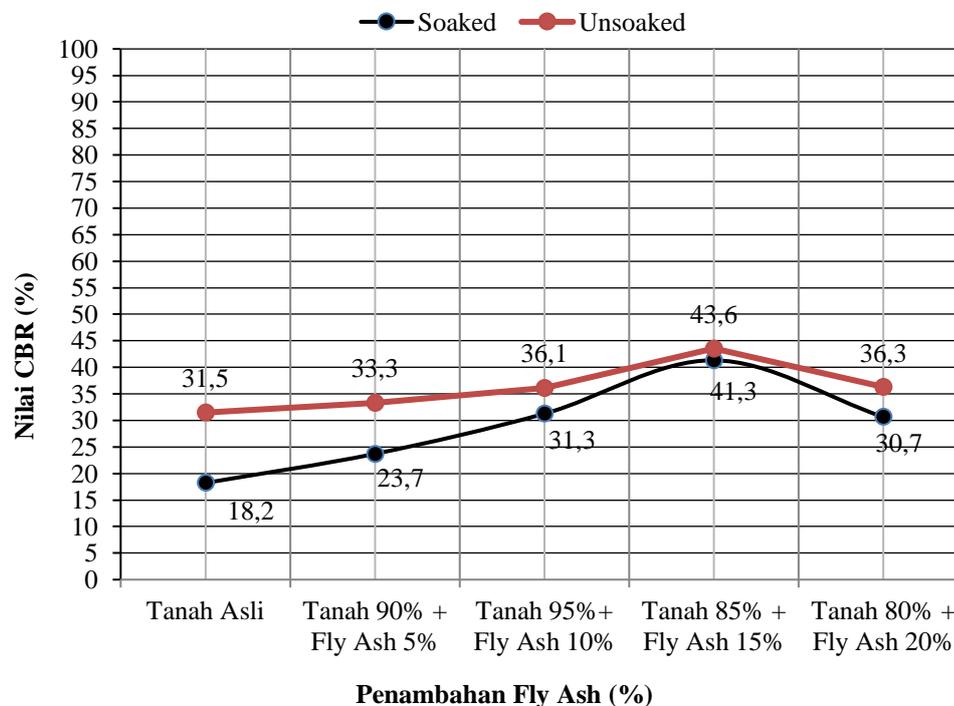
Dengan bertambahnya komposisi campuran Fly Ash, maka kadar air optimum mengalami peningkatan dan berat isi kering maksimum mengalami penurunan. Untuk kadar air optimum tanah asli yaitu 8,70% dan berat isi kering maksimum didapat 2,10 gr/cm³. Pada komposisi Fly Ash 5%, kadar air optimum didapat 10,40% dan berat isi kering maksimum didapat 2,02 gr/cm³. Pada komposisi campuran fly ash 10%, kadar air optimum didapat 10,90% dan berat isi kering maksimum yang didapat 2,02 gr/cm³. Pada komposisi campuran fly ash 15% kadar air optimum yang didapat 9,90% dan berat isi kering maksimum yang didapat 2,01 gr/cm. Pada komposisi campuran fly ash 20%, kadar air optimum yang didapat 11,00% dan berat isi kering maksimum yang didapat 2,01 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa γ_d mengalami penurunan untuk setiap penambahan fly ash. Demikian juga pada kadar air optimum seiring makin bertambahnya presentase campuran maka kadar air optimumnya semakin meningkat.



Gambar 3. Hubungan Nilai γ_d Maks. Persentase Metakaolin

D. Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Hasil pengujian CBR Laboratorium campuran urugan pilihan dengan fly ash dengan komposisi masing-masing campuran yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Diperoleh nilai CBR seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Nilai CBR Terhadap Persentase Fly Ash

Pada Gambar 4. Memperlihatkan bahwa pencampuran fly ash dapat meningkatkan nilai CBR secara signifikan. Nilai CBR yang maksimal disebabkan oleh reaksi bahan silika oksida (SiO_2) yang menyatu dengan urugan pilihan sehingga menguatkan CBR.

Penurunan CBR disebabkan karena jumlah fly ash yang digunakan sudah lebih dari yang diperlukan, sehingga ion Ca dan Mg yang tersisa akan berikatan kembali dengan hidroksida atau karbonat dan terbentuk senyawa yang bersifat higroskopis (menarik air), sehingga saat tanah dipadatkan air dapat masuk dan mengisi pori-pori tanah yang kosong dan belum terisi oleh butiran tanah ataupun silika dan alumina.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat di tarik kesimpulan yaitu menurut klasifikasi AASHTO maka tanah tersebut termasuk kelompok A-2-6, dan menurut klasifikasi USCS maka tanah termasuk kelompok GC, dan untuk nilai Batas-batas Atterberg juga mengalami penurunan yaitu LL, dimana nilai LL tanah asli 30,50%, bila dicampur dengan fly ash dengan komposisi 20%, maka nilai LL menjadi 20,30%. Nilai PI tanah asli yaitu 10,27%, setelah dilakukan pencampuran fly ash 20% nilai Indeks plastis turun menjadi 1.48%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan terjadi akibat penambahan fly ash dan untuk nilai CBR tanah asli unsoaked 31,5%, dan nilai CBR tanah asli soaked dengan masa perendaman selama 4 hari yaitu 18,2%. Berdasarkan dari hasil penelitian ini untuk nilai CBR maksimum yaitu pada campuran 15% fly ash dapat meningkatkan nilai CBR tanah asli menjadi 43,6% dan untuk nilai CBR soaked dengan masa perendaman selama 4 hari menjadi 41,3%. Dapat digunakan sebagai subbase perkerasan jalan dikarenakan memenuhi persyaratan dimana nilai CBR subbase yang digunakan minimum 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir Fauzi, et al. (2021). *Pengaruh Penggunaan Fly Ash PLTU Pangkalan Susu Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Metode uji CBR laboratorium*. In Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional.
- Bowles, J.E., J., & Hainim, E. : J. (1989). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*.
- Das, B. M. (1995a). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. In Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. (1995b). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. Penerbit Erlangga, 1–300.
- Das Braja M. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*. In Penerbit Erlangga Jakarta.
- Diklat Penggunaan Bahan dan Peralatan Pekerjaan Jalan dan Jembatan. (2016). *Modul Bahan Tanah untuk Badan Jalan*. In *Diklat Penggunaan Bahan dan Peralatan Pekerjaan Jalan dan Jembatan* (pp. 1–24). https://simantu.pu.go.id/epel/edok/1b2e8_1._Bahan_Tanah_Untuk_Badan_Jalan.pdf
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I Jilid III*. In Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C., Teknik, J., Universitas, S., Mada, G., Sipil, T., Teknik, F., & Gadjah, U. (1992). *Mekanika-Tanah-I-Hary-Christady-Hardiyatmopdf_Compress*.
- Spesifikasi Umum “Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga”. (n.d.). No Title. In 2017.
- Yasruddin, Y., Lestari, U. S., & Rifqy, A. (2020). Limbah Batubara Sebagai Bahan Campuran Perbaikan Lapisan Tanah Dasar Di Kalimantan Selatan. *Al Ulum: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 19. <https://doi.org/10.31602/ajst.v6i1.3658>