



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

PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN GEOPOLYMER METAKAOLIN TERHADAP NILAI CBR TANAH DESA BARAT PAYA ITIEK

Geubrina Rayyan Putri¹, Andrian Kaifan², Hanif³

¹, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: geubrinarayyan20@gmail.com

² Andrian Kaifan, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: andriankaifan@pnl.ac.id

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

ABSTRAK

Tanah memiliki peran penting dalam konstruksi karena merupakan bahan dasar yang digunakan untuk membangun suatu struktur konstruksi seperti bangunan, jembatan, jalan dan infrastruktur lainnya. Namun, tidak semua tanah bisa digunakan dalam bidang konstruksi, karena ada beberapa jenis tanah yang memiliki sifat kurang baik. Salah satu tanah yang bermasalah adalah tanah lempung ekspansif, sehingga dibutuhkan stabilisasi tanah yang merupakan salah satu cara memperbaiki sifat-sifat fisis tanah lempung ekspansif tersebut. Salah satu bahan alternatif untuk stabilisasi yang bias digunakan sebagai bahan stabilisator adalah metakaolin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis tanah asli serta pengaruh penambahan metakaolin. Tanah lempung ekspansif yang digunakan yaitu tanah yang berasal dari Desa Barat Paya Itiek, Kecamatan Meurah Mulia, Kabupaten Aceh Utara. Pengujian dilakukan dengan cara mencampur tanah asli dengan metakaolin. Selanjutnya, dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah ini termasuk dalam kelompok A-7-5(12) dengan $PI= 24,60\%$ dan $LL= 57,84\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan metakaolin dapat mempengaruhi nilai CBR pada tanah lempung ekspansif. Nilai CBR tanah asli adalah $8,0\%$ unsoaked dan $1,6\%$ soaked. Dengan pencampuran metakaolin, nilai CBR unsoaked yang tertinggi $12,2\%$ pada variasi metakaolin 12% dan soaked $4,3\%$ pada variasi metakaolin 1% .

Kata kunci: *Stabilisasi, Tanah Lempung Ekspansif, Metakaolin, CBR*

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan bahan dasar yang digunakan untuk membangun suatu struktur konstruksi seperti jembatan, jalan dan infrastruktur lainnya. Namun, tidak semua tanah bisa digunakan dalam bidang konstruksi. Salah satu tanah yang bermasalah adalah tanah lempung ekspansif.

Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah yang cenderung mengalami perubahan kadar air yang signifikan. Saat tanah lempung ekspansif menyerap air, volume partikel tanah tersebut dapat meningkat secara signifikan. Namun, ketika tanah lempung ekspansif kehilangan air, volume partikelnya dapat menyusut dan dapat menyebabkan retakan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah lempung ekspansif membutuhkan stabilisasi tanah yang merupakan salah satu cara memperbaiki sifat-sifat fisis tanah tersebut.

Stabilisasi tanah merupakan proses untuk meningkatkan sifat-sifat tanah dengan menggunakan bahan tambah pada tanah agar dapat menaikkan kekuatan tanah tersebut. Untuk meningkatkan stabilisasi tanah lempung ekspansif, peneliti berinisiatif mengkaji pengaruh penambahan geopolymer metakaolin dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR) Laboratorium. Adapun permasalahan dan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan nilai *California Bearing Ratio* tanah Desa Barat Paya Itiek dan menilai pengaruh stabilisasi tanah Desa Barat Paya Itiek menggunakan bahan geopolymer metakaolin terhadap nilai CBR.

A. *Tanah Lempung Ekspansif*

Menurut Lestari I. (2014), tanah lempung ekspansif adalah tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh air, tanah yang memiliki fluktuasi kembang susut tinggi disebut lempung ekspansif. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi jalan bergelombang dan sebagainya. Tanah yang mengandung mineral ekspansif, bila terjadi penambahan atau pengurangan kadar air maka akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar.

B. *Pengujian Kepadatan Tanah Standar*

Menurut Das B. M. (1995), tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

C. *CBR Laboratorium*

CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk menentukan kemampuan daya dukung tanah, termasuk pada konstruksi jalan. Pengukuran CBR dilakukan menggunakan alat penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji. Nilai CBR biasanya dinyatakan sebagai persentase. Tanah dengan nilai CBR yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan daya dukung yang lebih baik.

D. *Metakaolin*

Metakaolin merupakan salah satu material geopolimer yang berasal dari kaolin yang telah melalui proses kalsinasi pada suhu tinggi sekitar 500-900°C dan berbentuk serbuk halus dengan ukuran 0,5 sampai 5 mikron (Rivai, et al., 2021). Proses kalsinasi ini menghilangkan air dan senyawa kimia lainnya dari kaolin, sehingga metakaolin memiliki reaktivitas yang tinggi karena perubahan struktur kristalnya. Hal ini membuatnya sangat cocok untuk dijadikan sebagai campuran dalam bidang konstruksi. Metakaolin bersifat pozzolan sehingga dapat mengikat mineral tanah menjadi padat dan dapat meningkatkan kuat geser tanah (Balizato, 2019).

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 yang diperoleh dari penelitian ini adalah 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 standar 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. Selanjutnya pengujian sifat mekanis yang meliputi pengujian pemadatan standar, pengujian CBR laboratorium. Diperoleh data seperti pada Tabel 1.

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

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1	Kadar air tanah asli (w)	%	11,84
2	Berat volume tanah basah (γ_b)	gr/cm ³	1,73
3	<i>Specific Gravity</i> (G_s)	(kN/m ³)	2,63
4	<i>Atterberg Limit</i> : Batas Cair (LL)	%	57,84
5	Batas Plastis (PL)	%	33,24
6	Indeks Plastis (PI)	%	24,60
7	Klasifikasi tanah	AASHTO	A-7-5
8	Pemadatan standar: Kadar air optimum (W_{opt})	%	28,21
9	Berat kering maksimum (γ_d)	%	1,31
10	Uji CBR: Tanpa rendaman (Unsoaked)	%	8,0
11	Uji CBR: Rendaman (<i>Soaked</i>)	%	1,6

B. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

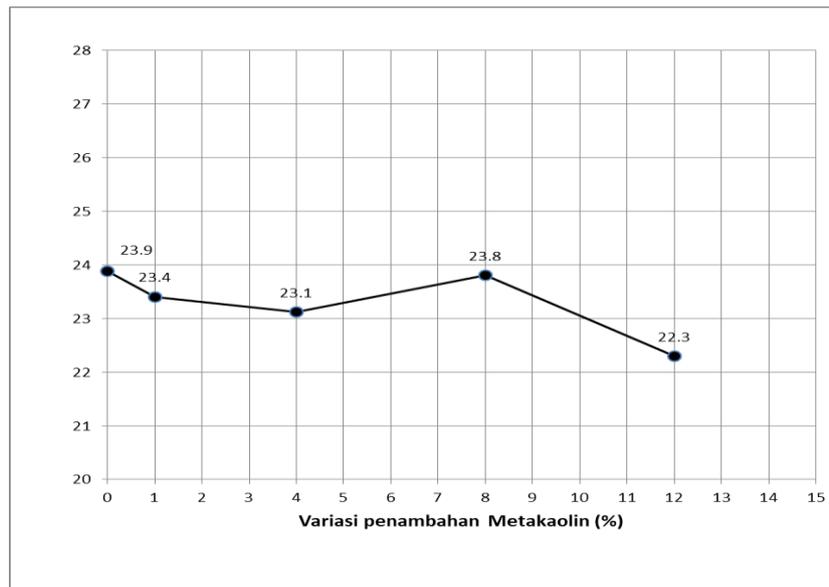
Atterberg mengemukakan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan airnya. Batas-batas *Atterberg* tersebut adalah batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Pada penelitian ini tanah ekspansif distabilisasikan dengan metakaolin, komposisi masing-masing campuran yaitu 1%, 4%, 8%, dan 12%. Dari hasil perhitungan batas-batas *Atterberg* diperoleh hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

No	Specimen	Nilai LL	Nilai PL	Nilai PI
1	Tanah asli	57,84	33,24	24,60
2	Tanah asli + Metakaolin 1%	51,35	28,15	23,20
3	Tanah asli + Metakaolin 4%	48,47	27,90	20,57
4	Tanah asli + Metakaolin 8%	50,59	27,76	22,83
5	Tanah asli + Metakaolin 12%	50,82	27,70	23,12

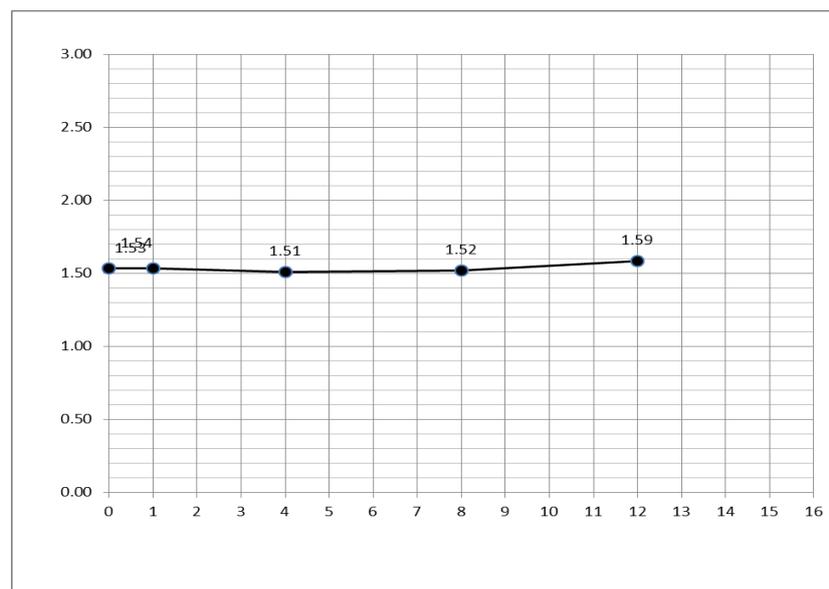
C. Hasil Pengujian Pemadatan Standar

Pada pengujian pemadatan standar menunjukkan semakin besar penambahan metakaolin maka semakin menurunnya kadar air optimum dan meningkatnya nilai kerapatan kering, untuk kadar air optimum tanah asli 23,89% setelah pencampuran persentase metakaolin 1% menjadi 23,41%, pada pencampuran persentase metakaolin 4% kadar air menjadi 23,12%, pada pencampuran persentase metakaolin 8% menjadi 23,81%, dan pada pencampuran metakaolin 12% kadar air optimum menjadi 22,30%. Penurunan nilai W_{opt} disebabkan oleh silika aktif pada metakaolin yang dapat bereaksi dengan komponen tanah.



Gambar 1. Hubungan Nilai Kadar Air Optimum terhadap Metakaolin

Pada kerapatan kering yang mempunyai nilai kerapatan kering tanah asli yaitu $1,54\text{gr/cm}^3$ setelah pencampuran metakaolin dengan persentase campuran 1% terjadi penurunan menjadi $1,53\text{gr/cm}^3$, pada persentase metakaolin 4% menjadi $1,51\text{gr/cm}^3$, persentase metakaolin 8% menjadi $1,51\text{gr/cm}^3$, dan pada persentase 12% menjadi $1,59\text{gr/cm}^3$.

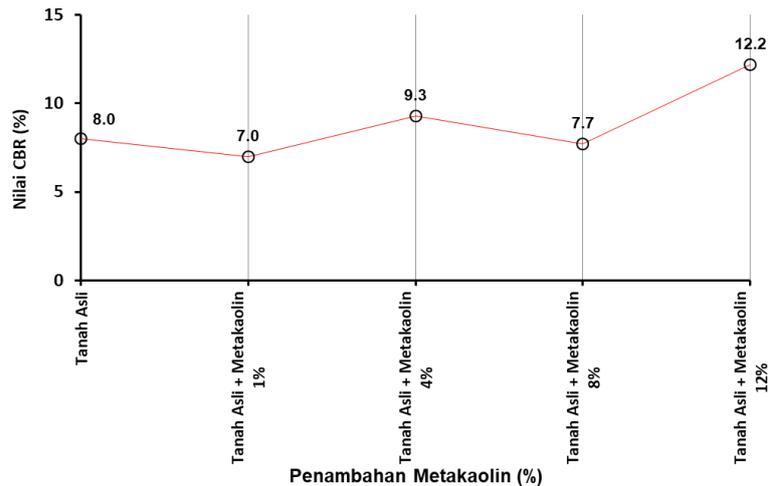


Gambar 2. Hubungan Nilai γ_d Maks. Persentase Metakaolin

D. Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

1. CBR Unsoaked

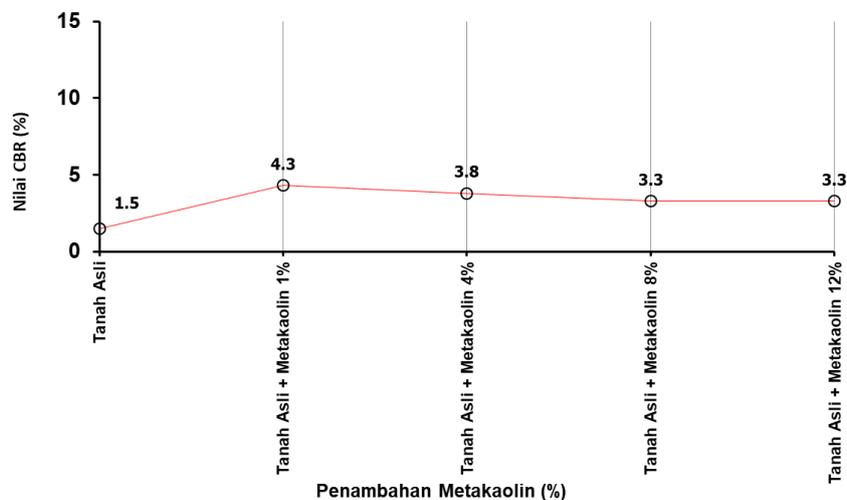
CBR *unsoaked* merupakan daya dukung tanah yang diukur tanpa adanya pengaruh air atau rendaman. Dalam pengujian ini menggunakan persentase metakaolin sebesar 1%, 4%, 8%, dan 12%. Pada penambahan 1% metakaolin nilai CBR sebesar 7,0%, selanjutnya pada persentase 4% nilai CBR menjadi 9,3%, sedangkan pada persentase 8% nilai CBR turun menjadi 7,5%, kemudian pada persentase 12% terjadi peningkatan CBR paling tinggi sebesar 12,2%. Hal ini disebabkan metakaolin yang bersifat silika dapat meningkatkan nilai CBR dan membuat tanah lebih stabil sehingga lebih mampu menahan beban.



Gambar 3. Hubungan Nilai CBR *Unsoaked* terhadap Persentase Metakaolin

2. CBR *Soaked*

CBR *soaked* dalam penelitian ini adalah pengujian nilai CBR laboratorium rendaman dengan persentase metakaolin 1%, 4%, 8%, dan 12%. Dari hasil pengujian terlihat bahwa penambahan metakaolin dapat meningkatkan nilai CBR yang pada awalnya sebesar 1,5%. Pada penambahan 1% metakaolin terjadi peningkatan nilai CBR sebesar 4,3%. Selanjutnya pada penambahan 4% metakaolin nilai CBR kembali turun menjadi 3,8%. Kemudian pada penambahan 8% metakaolin nilai CBR terjadi penurunan menjadi 3,3%. Pada penambahan 12% metakaolin nilai CBR sebesar 3,3%.



Gambar 4. Hubungan Nilai CBR *Soaked* terhadap Persentase Metakaolin

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, pada pengujian laboratorium diperoleh sifat fisis tanah asli Desa Barat Paya Itiek yaitu kadar air dengan 11,84%, kemudian berat isi 1,73 gr/cm³, uji berat spesifik 2,63, untuk batas-batas *Atterberg* didapat LL sebesar 57,84%, PL 33,24%, dan PI 24,60%. Untuk proctor γ_d maksimum sebesar 1,54 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 23,9%. Untuk CBR *unsoaked* tanah asli adalah 8,0% dan CBR *soaked* tanah asli adalah 1,5%. Sementara itu, pada pengujian CBR *unsoaked* tanah dengan campuran metakaolin 1% diperoleh nilai CBR 7,0%. Kemudian untuk campuran metakaolin 4% nilai CBR meningkat sebesar 9,3%. Sedangkan pada campuran metakaolin 8% nilai CBR menjadi 7,7%, dan pada campuran metakaolin 12% nilai CBR meningkat kembali sebesar 12,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, 1-291.
- Lestari, I. (2014). Karakteristik tanah lempung ekspansif (Studi kasus di Desa Tanah Awu, Lombok Tengah). *Gane Swara*, 8(2), 15-19
- Rivai, M. A. R. S. (2021). Pengaruh penambahan metakaolin dan superplasticizer terhadap kuat tekan beton pada mutu K-400. *Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 7(1), 43-49