

PEMANFAATAN BATA MERAH DAN *GEOCELL* DARI LIMBAH BOTOL AIR MINERAL TERHADAP NILAI CBR TANAH TIMBUNAN

Firmansyah Bagus Saputra^{1,*}, Dandung Novianto²

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

bagusfirman325@gmail.com¹, dandung.novianto@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah menopang beban struktur di atasnya. Peningkatannya bisa dilakukan dengan stabilisasi menggunakan bahan seperti semen atau kapur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk batu bata merah dan *geocell* dari botol air mineral bekas terhadap daya dukung dan stabilitas tanah dasar dengan metode California Bearing Ratio (CBR). Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari probolinggo tepatnya pada Proyek Pembangunan jalan tol Probolinggo Banyuwangi paket 1. Persentase bata merah yang digunakan sebesar 10%, 15% dan 20%. Hasil pengujian karakteristik tanah berdasarkan metode AASTHO menunjukkan tanah termasuk golongan A-2-7 yaitu lempung berpasir. Nilai CBR (California Bearing Ratio) laboratorium untuk tanah asli adalah 23,70% pada pemeraman 1 hari, 24,26% pada pemeraman 4 hari, dan 24,81% pada pemeraman 11 hari. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan 20% bata merah, nilai CBR meningkat menjadi 25,55% untuk pemeraman 1 hari, 36,66% untuk pemeraman 4 hari, dan 37,22% untuk pemeraman 11 hari. Pada pengujian *geocell*, tanah timbunan asli memiliki nilai CBR 16,81%. Dengan *geocell* 5cm, nilainya menjadi 19,26%, dan dengan *geocell* 10cm menjadi 21,11%. Untuk tanah timbunan yang dicampur bata merah memiliki nilai 19,63%, meningkat menjadi 21,11% dengan adanya tambahan *geocell* 5cm, dan 23,33% ketika *geocell* diganti dengan ketinggian 10cm. Kesimpulannya, penambahan bata merah dan *geocell* dari botol air mineral bekas efektif meningkatkan nilai CBR dan daya dukung tanah timbunan.

Kata kunci : Stabilisasi, Daya Dukung Tanah CBR, Bata merah, *Geocell*

ABSTRACT

The bearing capacity of soil is the ability of the soil to support the weight of the structure above it. It can be improved by stabilization using materials such as cement or lime. This study aims to evaluate the effect of adding red brick powder and geocell from used mineral water bottles on the bearing capacity and stability of subgrade soil using the California Bearing Ratio (CBR) method. The soil used in this study comes from Probolinggo precisely on the Probolinggo Banyuwangi toll road construction project package 1. The percentage of red brick used is 10%, 15% and 20%. The results of soil characterization testing based on the AASTHO method show that the soil belongs to class A-2-7, namely sandy loam. The laboratory CBR (California Bearing Ratio) value for native soil is 23.70% at 1 day of curing, 24.26% at 4 days of curing, and 24.81% at 11 days of curing. The highest increase occurred in the addition of 20% red bricks, the CBR value increased to 25.55% for 1-day curing, 36.66% for 4-day curing, and 37.22% for 11-day curing. In the geocell test, the original backfill soil had a CBR value of 16.81%. With 5cm geocell, the value became 19.26%, and with 10cm geocell it became 21.11%. For the backfill soil mixed with red bricks, the value is 19.63%, increasing to 21.11% with the addition of 5cm geocells, and 23.33% when the geocells are replaced with a height of 10cm. In conclusion, the addition of red bricks and geocells from mineral water bottles In conclusion, the addition of red bricks and geocells from mineral water bottles

Keywords : Stabilization, Soil Bearing Capacity, CBR, Red brick, *Geocell*

1. PENDAHULUAN

Daya dukung tanah secara umum merujuk pada kemampuan tanah untuk mendukung beban yang diberikan oleh struktur di atasnya, seperti bangunan, jalan, atau jembatan, tanpa mengalami penurunan berlebihan atau kerusakan yang dapat mengancam stabilitas struktur tersebut. Tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang ideal untuk mendukung beban di atasnya. Tanah yang lemah, seperti tanah lempung atau berpasir dapat mengalami penurunan, pergeseran, atau bahkan runtuh yang membahayakan suatu struktur, dimana yang dimaksud dengan stabilisasi itu merupakan upaya yang dilakukan guna untuk memperbaiki serta mengubah sifat dan parameter tanah asli hingga mencapai mutu yang diharapkan dari perbandingan tanah aslinya untuk digunakan dalam konstruksi bangunan sipil yang akan berada di atasnya. Oleh karena itu stabilisasi tanah menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tanah lemah. Stabilisasi yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, kestabilan, dan daya dukung tanah, sehingga mampu menopang beban yang berapa di atasnya. Penelitian ini menggunakan tanah yang berlokasi di Proyek Pembangunan jalan tol Probolinggo Banyuwangi paket 1. Ditinjau dari karakteristik tanah pada lokasi tersebut masuk kedalam jenis tanah lempung ekspansif karena kebanyakan pembangunan dilakukan diatas persawahan warga desa. Karakteristik tanah tersebut memiliki daya dukung tanah yang rendah, plastisitas tinggi, dan kembang susut yang tinggi sehingga dalam teknik sipil tanah tersebut perlu dilakukan stabilisasi untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah.



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Tanah

Bata merah berasal dari tanah merah yang dibasahkan kemudian dipadatkan. Tanah yang sudah padat di cetak dan dikeringkan kemudian dibakar.

Tabel 1 Unsur Kimia Penyusun Batu Bata

Unsur Senyawa	Kadar (%)
Silika (SiO_2)	± 59.14

Alumunium Karbonat (Al_2O_3)	± 15.34
Besi (Fe_2O_3)	± 0.69
Kalsium Oksida (CaO)	± 0.51
Natrium Oksida (Na_2O)	± 0.38
Magnesium Oksida (MgO)	± 0.35
Kalium (K_2O)	± 0.11
Air (H_2O)	± 0.12
TiO_2	± 0.11
Lain lain	± 0.09

Bata merah dipilih sebagai bahan campuran untuk meingkatkan nilai CBR tanah karena mineral alami yang memiliki kandungan SiO_2 (Silika Oksida) tinggi juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen. Senyawa Oksida Silica selain mempunyai sifat tahan panas namun memiliki keunggulan lain yaitu bisa digunakan sebagai perekat antar bahan. Pada penelitian bata merah yang digunakan yaitu sisa dari bongkaran rumah dan akan dilakukan menggunakan beberapa sampel campuran bata merah menurut persentasenya. Terdapat 3 sampel yaitu penambahan serbuk bata merah dengan persentase 10 %, 15 % dan 20 % dan menggunakan bata merah yang lolos saringan no.60 dengan masa pemeraman 1 hari, 4 hari dan 11 hari

Adapun penelitian terkait stabilisasi menggunakan campuran serbuk bata merah dengan beberapa komposisi persentase sebesar 3%, 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, dan 15% dan dilakukan dengan 2 tahap pengujian yaitu dengan sampel tanah *Soaked* dan *Unsoaked*. Nilai CBR tanah asli diperoleh untuk pengujian CBR *soaked* dengan nilai 2.78% dan saat ditambah dengan 3% serbuk bata merah mengalami peningkatan nilai menjadi 2.84% dimana memiliki kenaikan sebesar 0.06% dari tanah asli, dan mengalami nilai optimum pada posisi 4.95 % yang mengalami kenaikan dari tanah asli sebanyak 1.51% saat kondisi menambahkan serbuk bata merah sebanyak 11%, sedangkan untuk pengujian CBR *unsoaked* diperoleh nilai untuk tanah asli sebesar 3.11% dan mengalami peningkatan ketika ditambah dengan serbuk bata merah sebanyak 3% menjadi 3.35% yang mengalami peningkatan sebesar 0.24% dan trus meningkat hingga mengalami nilai optimum pada posisi 5.47% dengan kenaikan dari tanah asli sebesar 2.36% pada penambahan 11% serbuk bata merah dan dapat disimpulkan bahwa keduanya memiliki trend yang sama hanya saja nilai dari hasil tidak terendam (*unsoaked*) lebih tinggi dari terendam (*soaked*) ini merupakan pengaruh dari perendaman yang mengakibatkan penurunan daya dukung tanah itu sendiri, dimana perendaman tanah gambut mengakibatkan

terbukanya rongga-rongga pori yang berakibat lama-kelamaan tanah akan semakin jenuh dan ikatan antar butir semakin menurun yang berpengaruh terhadap daya dukung tanah tersebut

2. METODE

Penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian untuk memperoleh data. data hasil pengujian tersebut akan diolah hingga mendapatkan hasil perbandingan berupa nilai indeks parameter dari benda yang diuji dengan berbagai syarat dan ketentuan yang ada adapun tahapan dalam penelitian ini sebagai berikut:

A. Tanah Timbunan

1. Pengujian Analisa Saringan
2. Pengujian Analisa Hidrometer
3. Pengujian Atterberg
4. Pengujian Proctor Modified
5. Pengujian California Bearing Ratio
6. Pengujian Permodelan Geocell

B. Tanah Timbunan + Bata Merah

1. Pengujian Atterberg
2. Pengujian Proctor Modified
3. Pengujian California Bearing Ratio
4. Pengujian Permodelan Geocell

Diawali dengan mengumpulkan data dan beberapa referensi lokasi akhirnya di pilih di Proyek Pembangunan jalan tol Probolinggo Banyuwangi paket 1 karena pada lokasi ini masih dalam tahap pembangunan belum digunakan secara resmi. Oleh karena itu pengujian ini ingin mendapatkan hasil pengujian apakah tanah di lokasi bisa dibilang layak untuk tanah timbunan

Sampel tanah yang telah diambil kemudian dilakukan pengujian sifat fisik tanah yaitu pengujian Analisa gradasi dan pengujian Atterberg untuk menentukan golongan apa dan jenis apa tanah di lokasi tersebut

Setelah penentuan sifat fisik untuk menentukan golongan telah ditemukan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel tanah yang lolos saringan no.4 untuk pengujian pemadatan modifikasi atau proctor modified. Pengujian ini dilakukan dengan 2 macam jenis yaitu tanah timbunan tanpa bahan campuran dan tanah timbunan dengan tambahan bata merah 10%, 15% dan 20% dengan berat 2,5 kg di setiap sampel benda uji dan dengan kondisi tanah keadaan kering sinar matahari untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dengan masa pemeraman 1 hari, 4 hari dan 11 hari dan disetiap pemeraman menggunakan 6 benda uji untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi keringnya

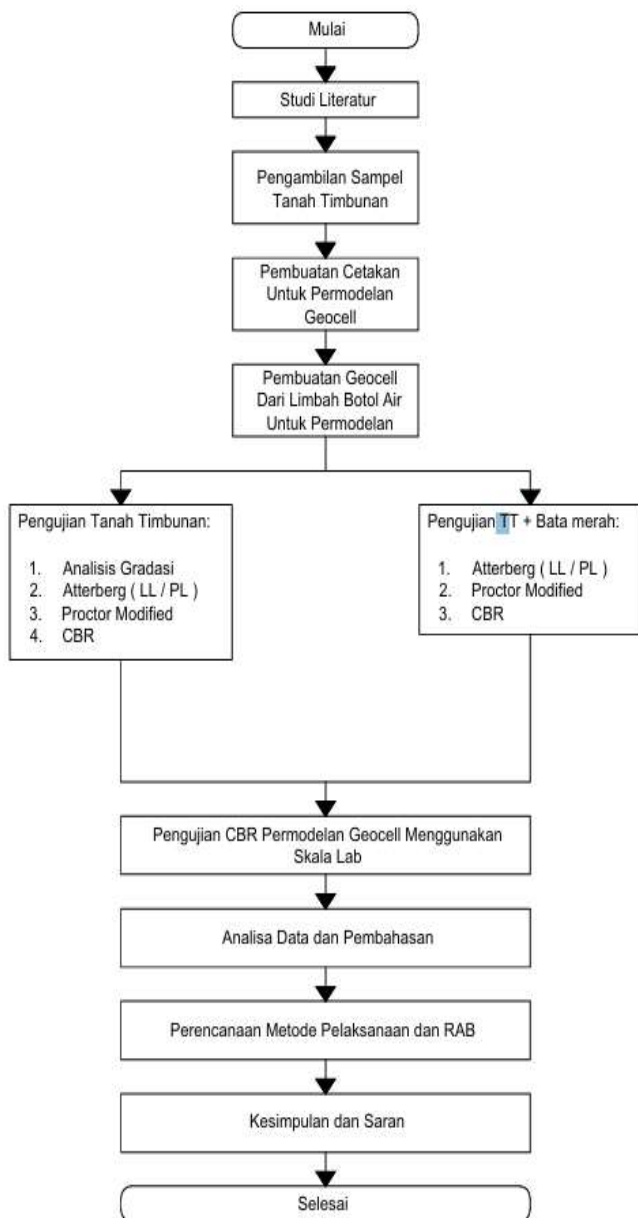
Setelah mengetahui nilai kadar air optimum melalui pengujian proctor modified kemudian dilanjutkan dengan pengujian California bearing ratio (CBR) dengan berat sampel 5 kg dan dilakukan dengan masa pemeraman dan perendaman selama 1 hari, 4 hari dan 11 hari. Pengujian ini sama dengan pengujian proctor modified yaitu dilakukan dengan 2 macam jenis yaitu tanah timbunan tanpa bahan campuran dan tanah timbunan dengan tambahan bata merah 10%, 15% dan 20%. Pada pengujian CBR unsoaked dilakukan pemeraman selama 1, 4, 11 hari dan saat diuji menggunakan beban sebesar 50 KN dan untuk CBR soaked dilakukan perendaman selama 1, 4, 11 hari dan pada saat diuji menggunakan beban sebesar 14 KN

Pada tahapan terakhir setelah selesai pengujian California bearing ratio (CBR) dan didapatkan hasil nya kemudian dilanjutkan pada pengujian permodelan geocell. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bata merah dan geocell yang terbuat dari botol air mineral bekas untuk nilai CBR tanah timbunan. Geocell yang digunakan ada 2 macam dengan ketinggian berbeda ada 5 cm dan 10 cm dengan Panjang 90 cm dan lebar 90cm. botol air mineral yang digunakan ber merk aqua dengan ukuran 1,5 liter yang dirangkai hingga berbentuk persegi. Pengujian ini dilakukan dalam 2 macam yaitu tanah timbunan tanpa bahan campuran dan tanah timbunan dengan bahan campuran bata merah, untuk tanah timbunan tanpa bahan campuran dilakukan sebanyak 3x pengujian, yang pertama tanah timbunan tanpa bahan campuran dan tanpa geocell yang kedua tanah timbunan tanpa bahan campuran kemudian ditambah dengan geocell 5 cm dan yang ketiga tanah timbunan tanpa bahan campuran kemudian ditambah dengan geocell 10 cm, untuk pengujian tanah timbunan dengan campuran bata merah sama seperti tanah timbunan tanpa bahan campuran namun ditambah dengan campuran bata merah yang didapatkan dari nilai optimal bata merah pada pengujian proctor modified sebesar 12,5 %

Setelah pengujian permodelan selesai dilanjutkan dengan melakukan perbandingan antara pengujian CBR laboratorium dan permodelan geocell apakah nilainya meningkat atau malah turun, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bata merah dan geocell dari botol air mineral bekas ini memiliki kemampuan untuk meningkatkan nilai CBR atau tidak dan bertujuan untuk mengurangi limbah sampah plastic yang banyak disekitar kita.

Setelah melakukan keseluruhan pengujian maka dilakukan Analisa dan pembahasan, data yang terkumpul kemudian diolah dengan mengumpulkan data ke dalam tiap-tiap

kelompok sesuai dengan persentase variasi bata merah yang dicampurkan, dari data hasil uji laboratorium, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk bata merah terhadap nilai CBR dan terhadap waktu pemeraman maupun perendaman benda uji, diagram alir penelitian dapat di lihat pada (**Gambar 3**).



Gambar 2 Bagan Alir Metode Pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan mekanis tanah timbunan.

A. Pengujian Tanah Timbunan

Pengujian tanah timbunan dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan mekanis tanah timbunan tanpa bahan campuran berupa bata merah.

• Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sampel tanah yang telah diambil kemudian dilakukan pengujian untuk menentukan tanah tersebut termasuk dalam golongan apa menurut metode AASTHO. Hasil pengujian tanah bisa dilihat di **Tabel 2** dan **Tabel 3** dibawah ini

Tabel 2 Hasil Pengujian Analisis Gradasi

Kategori Uji	Nilai	Satuan
kerikil	24.99	%
pasir		%
kasar (#10)	26.83	%
sedang (#40)	13.13	%
halus (#200)	2.79	%
lanau	2.29	%
lempung	0.25	%

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Pada pengujian analisis gradasi pada **Tabel 2** diatas persentase lolos tanah pada saringan no. 200 sebesar 26,39%. Hasil tersebut termasuk dalam klasifikasi umum bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos dari saringan No.200)

Tabel 3 Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg Tanah

Kategori Uji	LL	PL	PI
Tanah Timbunan	56.50	29.09	27.41

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Pada pengujian Atterberg pada **Tabel 3** diatas nilai *liquid limit* (LL) yang didapat 56,50 %, nilai *plastic limit* (PL) didapatkan nilai 29,09 % dan untuk *plastisitas index* (PI) didapatkan nilai 27,41 %.

Pada pengujian sifat fisik tanah dapat disimpulkan bahwa tanah yang diuji termasuk dalam klasifikasi kelompok A-2-7 yaitu kerikil berlanau atau berlempung dan pasir. Jenis tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah yang baik untuk timbunan jalan, dengan kelompok indeks (2) jadi klasifikasi kelompok A-2-7 (2)

• Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah dilakukan setelah sifat fisik tanah diketahui. Tahapan pengujian ini diawali dengan pengujian *proctor modified* kemudian dilakukan pengujian California bearing ratio (CBR), dibawah ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian proctor modified dan California bearing ratio (CBR) tanah timbunan tanpa bahan campuran dan tanah timbunan dengan bahan campuran.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Proctor Modified*

Komposisi Campuran	Masa Peram	MDD (gr/cm ³)	OMC (%)
Tanah Timbunan	1	1.373	29.50
	4	1.387	31.50
	11	1.388	32.50

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Berdasarkan **Tabel 4** diatas pada hasil pengujian *Proctor Modified* dapat diketahui bahwa nilai MDD terus meningkat seiring dengan penambahan bata merah yang membuat tanah menjadu lebih padat dan untuk nilai OMC tanah timbunan semakin menurun seiring dengan penambahan campuran bata merah pada setiap pemeramannya karena terjadinya proses kimia antara silica dan tanah. Hasil diatas menandakan bahwa lamanya masa pemeraman sangat berpengaruh terhadap hasil proctor.

Setelah pengujian proctor modified selesai dilakukan kemudian dilanjutkan dengan pengujian *California bearing ratio* (CBR). Pengujian ini dilakukan dengan cara unsoaked (pemeraman) dan soaked (perendaman) keduanya dilakukan selama 1 hari, 4 hari dan 11 hari. Pengujian unsoaked (pemeraman) waktu diuji di alat CBR menggunakan beban sebesar 50 KN dan jika pengujian soaked (perendaman) waktu di uji di alat CBR menggunakan beban sebesar 14 KN.

Tabel 5 Hasil Pengujian CBR Tanah Timbunan

Komposisi Campuran	Masa Peram	Nilai CBR Unsoaked (%)	
		Pen 2,5 mm	Pen 5,0 mm
Tanah Timbunan	1	23.70	21.54
	4	24.26	23.53
	11	24.81	23.93

Komposisi Campuran	Masa Peram	Nilai CBR Soaked (%)	
		Pen 2,5 mm	Pen 5,0 mm
Tanah Timbunan	1	4.22	4.37
	4	4.37	4.42
	11	3.41	3.49

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Pengujian sifat mekanis yang kedua yaitu *California bearing ratio* (CBR) dan berdasarkan **Tabel 5** diatas dapat dilihat bahwa pengujian CBR unsoaked mengalami tren kenaikan nilai berdasarkan lama nya pemeraman yang berarti bahwa tanah lebih padat dengan pemeraman yang lebih lama. hal ini berbanding terbalik dengan CBR soaked karena jika pemeramannya terlalu lama.

Berdasarkan **Tabel 5** diatas untuk nilai CBR unsoaked tanah timbunan tanpa bahan campuran mengalami kenaikan seiring dengan lamanya masa pemeramannya, nilai CBR pada pemeraman 1 hari didapatkan nilai 23.70 %, pada pemeraman 4 hari nilainya bertambah menjadi 24.26 % dan pada pemeraman 11 hari nilainya naik menjadi 24.81 dan untuk nilai CBR soaked tanah timbunan tanpa bahan campuran mengalami penurunan jika terlalu lama direndam, nilai CBR pada pemeraman 1 hari didapatkan nilai 4.22 %, pada pemeraman 4 hari nilainya bertambah menjadi 4.37 % dan pada pemeraman 11 hari nilainya turun menjadi 3.41 %,

B. Pengujian Tanah Timbunan + Bata Merah

Pengujian tanah timbunan dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan mekanis tanah timbunan dengan ditambah bahan campuran berupa bata merah sebanyak 10 %, 15 % dan 20%.

• Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian fisik tanah timbunan yang ditambah dengan serbuk bata merah adalah pengujian batas-batas atterberg.

Tabel 6 Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg TT+BM

Komposisi Campuran	LL (%)	PL (%)	PI (%)
TT + BM 10 %	66.15	39.72	26.43
TT + BM 15 %	64.15	40.92	23.23
TT + BM 20 %	55.50	32.95	22.55

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Berdasarkan **Tabel 6** diatas pada hasil pengujian batas-batas Atterberg dapat diketahui bahwa nilai PI tanah timbunan sebesar 27,41 % kemudian dibandingkan dengan tanah timbunan + bata merah 10 % nilainya sebesar 26,43 % maka nilai PI terjadi penurunan sebesar 0,98 %, tanah timbunan + bata merah 15 % nilainya sebesar 23,23 % maka nilai PI terjadi penurunan sebesar 4,18 %, tanah timbunan + bata merah 20 % nilai PI sebesar 22,55 % maka nilai PI terjadi penurunan sebesar 4,86 %. Nilai PI mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai PI tanah timbunan tanpa bata merah, sehingga penurunan PI rata-rata sebesar 3,34 %, hal ini membuktikan dengan adanya bata merah sangat berpengaruh terhadap nilai kadar air tanah timbunan.

• Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah timbunan yang ditambah dengan serbuk bata merah adalah pengujian *Proctor modified* dan pengujian *California bearing ratio* (CBR).

Tabel 7 Hasil Pengujian Proctor Modified TT + BM

Komposisi Campuran	Masa Peram	MDD (gr/cm ³)	OMC (%)
--------------------	------------	---------------------------	---------

Tanah Timbunan + BM 10 %	1	1.414	29.30
	4	1.398	30.80
	11	1.403	29.40
Tanah Timbunan + BM 15 %	1	1.415	29.10
	4	1.400	30.20
	11	1.404	29.20
Tanah Timbunan + BM 20 %	1	1.425	27.50
	4	1.408	28.80
	11	1.405	29.00

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Setelah pengujian fisik tanah selesai dilanjutkan pengujian sifat mekanis tanah yaitu pengujian *proctor modified*. berdasarkan **Tabel 7** diatas dapat dilihat bahwa pengujian proctor tanah timbunan yang ditambah dengan bata merah memiliki tren kenaikan disetiap penambahan bata merah, hasil ini menandakan bahwa tanah menjadi lebih rapat dan padat seiring ditambahkan dengan bata merah. sedangkan untuk OMC tanah mengalami penurunan setiap banyaknya campuran bata merah yang diberikan. Hasil ini menandakan bahwa penambahan bata merah dapat mempengaruhi jumlah air yang diberikan karena terjadi proses kimia mengikatnya senyawa silica dan alumina terhadap tanah.

Berdasarkan **Gambar 9** diatas dapat dilihat bahwa nilai OMC tanah timbunan memiliki trend penurunan disetiap penambahan campuran bata merah pada setiap pemeramannya. Pada pemeraman 1 hari nilai OMC tanah timbunan dengan campuran bata merah 10 % didapatkan nilai 29,30 %, pada tanah timbunan dengan campuran bata merah 15 % didapatkan nilai 29,10 % dan pada penambahan bata merah 20 % didapatkan nilai 27,50 %.. Kemudian untuk nilai MDD tanah timbunan memiliki trend kenaikan disetiap penambahan campuran bata merah pada setiap pemeramannya. Pada pemeraman 1 hari nilai MDD tanah timbunan dengan campuran bata merah 10 % didapatkan nilai 1,4140 gr/cm³ pada tanah timbunan dengan campuran bata merah 15 % didapatkan nilai 1,4150 gr/cm³ dan pada penambahan bata merah 20 % didapatkan nilai 1,4250 gr/cm.

Tabel 8 Hasil Pengujian CBR Tanah Timbunan + BM

Komposisi Campuran	Masa Peram	Nilai CBR Unsoaked (%)	
		Pen 2,5 mm	Pen 5,0 mm
Tanah Timbunan + BM 10 %	1	25.74	22.77
	4	28.81	26.90
	11	31.85	27.51
	1	33.40	29.06
	4	34.07	29.36

Tanah Timbunan + BM 15 %	11	34.44	29.45
	1	35.55	32.57
	4	36.66	32.92
Tanah Timbunan + BM 20 %	11	37.22	37.02

Komposisi Campuran	Masa Peram	Nilai CBR Soaked (%)	
		Pen 2,5 mm	Pen 5,0 mm
Tanah Timbunan + BM 10 %	1	5.04	5.01
	4	5.48	5.50
	11	5.18	4.91
Tanah Timbunan + BM 15 %	1	5.93	5.31
	4	6.67	6.04
	11	5.85	5.45
Tanah Timbunan + BM 20 %	1	5.93	6.39
	4	7.04	6.88
	11	6.00	6.04

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Pada pengujian California bearing ratio (CBR) untuk nilai unsoaked mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya campuran bata merah. Untuk kenaikan tertinggi ada pada penambahan bata merah sebesar 20% Pada tanah timbunan tanpa bahan campuran di pemeraman 1 hari pada awalnya hanya memiliki nilai 23,70 % di penetrasi 2,5 mm naik menjadi 35,55 % naik menjadi 32,57 %. Kenaikan tersebut sangat signifikan sebesar 11,85 % pada pentrasi 2,5 mm

Pada pengujian California bearing ratio (CBR) untuk nilai soaked bisa dibilang kemungkinan terburuk (terendam air) untuk waktu yang lama yaitu mengalami kenaikan di pemeraman 4 hari namun turun di pemeraman 11 hari, hasil tersebut menandakan bahwa kekuatan tanah yang di rendam selama 11 hari akan mengalami penurunan daya dukung

Pengujian yang terakhir yaitu pengujian permodelan geocell. Pengujian ini bisa disebut sebagai CBR lapangan namun menggunakan skala laboratorium, Geocell yang digunakan ada 2 macam dengan ketinggian berbeda ada 5 cm dan 10 cm. botol air mineral dengan ukuran 1,5 liter yang dirangkai hingga berbentuk persegi. untuk pengujian tanah timbunan dengan campuran bata merah sama seperti tanah timbunan tanpa bahan campuran namun ditambah dengan campuran bata merah optimum, Pengujian permodelan *geocell* termasuk dalam pengujian untuk menentukan sifat mekanis tanah karena pengujiannya sama dengan pengujian CBR unsoaked di laboratorium. pengujian ini menggunakan

pembebanan sebesar 50 KN dan ditambah dengan bata merah optimum yang didapatkan pada pengujian proctor sebelumnya. Untuk menentukan campuran bata merah paling optimum bisa dilakukan dengan cara mencari OMC plaing optimum di setiap pemeramannya, bisa dilihat pada **Tabel 9**

Tabel 9 Nilai OMC Setiap Pemeraman

Jenis Tanah	OMC		
	1	4	11
Tanah Timbunan	0.0	0.0	0.0
Tanah Timbunan +BM 10%	29.3	30.8	29.4
Tanah Timbunan +BM 15%	29.1	30.2	29.2
Tanah Timbunan +BM 20%	27.5	28.8	29.0

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Tabel 9 merupakan data optimum OMC dari campuran bata merah disetiap pemeramannya yang digunakan untuk menentukan bata merah optimum yang akan digunakan sebagai persentase bata merah pada pengujian permodelan *geocell*.

Tabel 10 Nilai Optimum BM dan OMC tiap Pemeraman

Masa Pemeraman	Optimum	
	OMC (%)	BM (%)
1 Hari	29,75	5
4 Hari	31,50	2
11 Hari	32,50	0

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Berdasarkan **Tabel 10** diatas dapat ditentukan nilai persentase optimum bata merah berdasarkan nilai optimum OMC dan bata merah berdasarkan tiap masa pemeraman, berdasarkan grafik berikut ini.



Gambar 4 Bata Merah Optimum Untuk Permodelan

Pada **Gambar 4** didapat nilai BM optimum sebesar 12,5 % dan OMC optimum sebesar 35 % untuk campuran bata merah pada pengujian permodelan *geocell*. Pada pengujian permodelan *geocell* dengan kotak ukuran lebar 100 x 100 cm

dan tinggi timbunan 20 cm membutuhkan material terdiri dari tanah timbunan = 206 kg, bata merah = 32,27 kg, dan air = 19,88 kg, sehingga total material untuk memenuhi tinggi timbunan 20 cm sebanyak 258,15 kg. Hasil pengujian permodelan *geocell* dapat dilihat pada **Tabel 11** dibawah ini

Tabel 11 Hasil Pengujian Permodelan Geocell

NO	JENIS TANAH	NILAI CBR MODEL (%)	
		2.50 mm	5.00 mm
1	TT	16.81	19.90
2	TT + Geocell 5 cm	19.26	21.62
3	TT + Geocell 10 cm	21.11	23.09
4	TT + BM	19.63	21.13
5	TT + BM + Geocell 5 cm	21.11	23.09
6	TT + BM + Geocell 10 cm	23.33	24.57

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Berdasarkan **Tabel 11** dapat disimpulkan bahwa nilai CBR model tanah timbunan + bata merah dan tanah timbunan + bata merah + *geocell* cenderung meningkat dibandingkan dengan tanah timbunan saja. Hasil pengujian membuktikan tanah timbunan dibandingkan dengan tanah timbunan + *geocell* 5 cm meningkat sebesar 2,45 % untuk penetrasi 2,5 mm dan 1,72 % untuk penetrasi 5,0 mm. begitu juga pada tanah timbunan + *geocell* 10 cm sebesar 4,30 % untuk penetrasi 2,5 mm dan 3,19 % untuk penetrasi 5,0 mm. Nilai CBR model cenderung meningkat pula pada tanah timbunan + bata merah meningkat sebesar 2,82 % untuk penetrasi 2,5 mm dan 1,23 % untuk penetrasi 5,0 mm. Nilai CBR model cenderung meningkat pula pada tanah timbunan + bata merah + *geocell* 5 cm meningkat sebesar 1,48 % untuk penetrasi 2,5 mm dan 2,77 % untuk penetrasi 5,0 mm. begitu juga untuk tanah timbunan + bata merah + *geocell* 10 cm meningkat sebesar 3,70 % untuk penetrasi 2,5 mm dan 3,44 % untuk penetrasi 5,0 mm. dibandingkan dengan tanah timbunan dan tanah timbunan + bata merah.

Dengan nilai optimum bata merah sebesar 12,5 % dari uji CBR model dapat ditentukan nilai CBR lab dengan cara interpolasi dengan hasil uji CBR lab. Karena peneliti tidak melakukan pengujian CBR lab dengan kadar bata merah sebesar 12,5 %. Hasil interpolasi nilai CBR pada bata merah 10 % dan 15 %. dapat dilihat pada **Tabel 12**.

Tabel 12 Interpolasi Nilai CBR TT+BM 12.5%

Masa Peram (Hari)	Persentase Bata Merah	Hasil CBR LAB (%)	
		Pen 2,5 mm	Pen 5,0 mm
1	10 %	25.74	22.77

	12.50 %	29.57	25.92
	15 %	33.4	29.06
4	10 %	28.81	26.9
	12.50 %	31.44	28.13
	15 %	34.07	29.36
11	10 %	31.85	27.51
	12.50 %	33.15	28.48
	15 %	33.4	29.06

Sumber : Hasil pengujian, 2025

Berdasarkan **Tabel 12** menunjukkan nilai CBR laboratorium cenderung mengalami peningkatan dengan bata merah 12,5 % pada masa pemeraman 1,4 dan 11 hari dibandingkan dengan bata merah 10 %. Dengan bata merah 12,5 % pada pemeraman 1 hari cenderung naik sebesar 3,83 % dibandingkan dengan bata merah 10 %. pada pemeraman 4 hari cenderung naik sebesar 2,63 % dibandingkan dengan bata merah 10 %. pada pemeraman 11 hari cenderung naik sebesar 1,30 % dibandingkan dengan bata merah 10 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian sifat fisik tanah dengan pengujian analisis butiran dengan ayakan dan hydrometer, batas batas Atterberg dan sifat mekanis dengan pengujian *proctor modified* dan *California bearing ratio*. Berdasarkan sifat fisik yang diuji tanah timbunan ini diklasifikasikan ke dalam A-2-7 (2) kerikil berlanau atau berlempung dan pasir. Jenis tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah yang baik untuk timbunan jalan menurut AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Official*)
2. Berdasarkan pengujian sifat fisik tanah dengan pengujian dengan batas Atterberg dan sifat mekanis dengan pengujian *proctor modified* dan *California bearing ratio*. Penambahan bata merah sangat berpengaruh terhadap nilai nilai pengujian yang dilakukan sebagai contoh saat penambahan campuran bata merah sebesar 20% nilai CBR mengalami kenaikan cukup banyak, sebesar 11,85% untuk penetrasi 2,5 mm dan 11,03% untuk penetrasi 5,00 mm. kenaikan nilai CBR cukup besar seiring bertambahnya campuran bata merah.
3. Berdasarkan hasil pengujian permodelan *geocell* yang ditambah dengan campuran bata merah cenderung meningkat dari tanah timbunan saja, pengaruh penambahan bata merah dan *geocell* dari limbah botol air mineral sangat berpengaruh untuk meningkatkan nilai awal pada pengujian tanpa bata merah karena bata

membuat tanah semakin rapat dan padat dan dapat mengurangi kadar air dari tanah timbunan

Daftar Pustaka

- [1] Hidalgo, C., Carvajal, G., & Muñoz, F. (2019). *Laboratory evaluation of finely milled brick debris as a soil stabilizer. Sustainability*, 11(4), 967
- [2] Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Bowles, J. E. (1991). *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- [4] Melyna, E., Nisa, K. S., & Fitri, A. A. L. (2023). Pengaruh Penambahan Serbuk Alumina (Al₂O₃) pada Komposit Serat Kayu Jati Bermatriks Polipropilena. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(2), 62-70.
- [5] Nisah, K. (2017). Ekstraksi Alumina Oksida (Al₂O₃) Dari Tanah Liat Dengan Variabel Suhu Dan Konsentrasi Asam Sulfat. *Lantanida Journal*, 4(1), 1-10.