



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Studi Perilaku Subgrade Terhadap Tanah Bahan Baku Bata di Mentawai

Fuad Mahmudi^a, Abdul Hakam^{b*}, Andriani^c

^a Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, 25163, Indonesia

^{b,c} Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 26 Maret 2025

Revisi Akhir: 21 Juni 2025

Diterbitkan Online: 29 Juni 2025

KATA KUNCI

Sifat Fisik Tanah, Sifat Mekanik Tanah, Serbuk Batu Bata, Perbaikan Tanah.

KORESPONDENSI

Telepon: +62812673875759

E-mail: abdulhakam2008@gmail.com

ABSTRACT

Kepulauan Mentawai mempunyai cukup banyak kandungan Lanau dan Lempung untuk Pembuatan Batu Bata. Ada beberapa Pabrik Batu Batu Merah yang sudah berdiri di Kepulauan Mentawai tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisa perilaku Tanah Dasar (Subgrade) terhadap karakteristik tanah sebagai bahan baku Batu Bata yang menjadi alternatif perbaikan lapis pondasi jalan. Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu penelitian yang bersifat eksperimen di Laboratorium. Keabsahan hasil dilakukan dengan beberapa benda uji eksperimen yang mencukupi untuk keterwakilannya. Adapun hasil penelitian ini menyatakan bahwa Klasifikasi Tanah sangat menentukan terhadap hasil pengujian, tanah yang merupakan bahan baku Pabrik Rahman dan Pabrik Misna termasuk Lanauan Elastis (MH), sedangkan Pabrik Samirin termasuk kategori Lempung Plastisitas Rendah (CL). Tanah Bahan Baku di Kepulauan Mentawai mempunyai Berat Jenis yang cukup berat yaitu 2,70 - 2,72 karena mempunyai kandungan Besi Oksida (Fe_2O_3) sekitar 20% - 30% dari komposisi kimianya. Peningkatan yang cukup signifikan pada percobaan pemadatan Tanah Bahan Baku pada pengujian CBR Rendaman 4 hari yang sebelumnya bernilai 4,90% menjadi 10,92% naik sekitar 200%. Perbaikan Tanah untuk yang bernilai CBR < 6% dengan Metode Pembakaran (*Burning Method*) sampai tanah berwarna kuning-kemerahan (setengah masak) terbukti dapat mengangkat nilai CBR 2 kali lipat disebabkan terdapat unsur kimia yang bersifat Pozzolan yaitu Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), dan Besi Oksida (Fe_2O_3) yang terkandung lebih dari 70%, dan dengan sistem pembakaran dengan suhu tertentu akan mengurangi kandungan mineral Montmorillonite dan Illite beralih ke kandungan dominan Quartz dan Hematit.

1. PENDAHULUAN

Mentawai merupakan wilayah kepulauan yang terletak di bagian barat Provinsi Sumatera Barat. Ada empat pulau besar di kepulauan ini yaitu Pulau Siberut, Pulau Sipora, Pulau Pagai Utara, dan Pulau Pagai Selatan. Keempat pulau itu dari segi geografis wilayahnya dikelilingi lautan yang luas dengan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Secara geoteknik, daratannya terdapat tanah lanau berpasir, tanah

lempungan, batu pasir Malihan, batuan Gabro dan batuan Basal [3].

Tanah lanauan yang mengandung lempung di Mentawai potensinya cukup banyak dengan ditandai berdirinya beberapa pabrik pencetakan batu bata merah di Pulau Sipora Kabupaten Kepulauan Mentawai, khususnya di Kecamatan Sipora Utara. Tanah Lempung di Kepulauan Mentawai bercampur dengan butiran halus lainnya, baik berupa pasir halus ataupun lanau. Pencetakan batu bata merah ini dibuat secara semi konvensional. Proses

pengadukan bahan batu bata dan pencetakannya dengan alat mekanis sedangkan pengeringan dan pembakarannya secara tradisional.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis sifat-sifat fisik dan mekanis Tanah Bahan Baku dan Serbuk Batu Bata Merah dari sumber material Pabrik yang sama dan dengan pengujian laboratorium yang sama. Mengidentifikasi unsur kimia akibat proses pembakaran Batu Bata dalam rangka percobaan perbaikan subgrade jalan dengan pengujian Pemadatan Proctor Standar dan CBR Rendaman di laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Partikel tanah lanau yang lolos saringan No. 200 yaitu tanah berukuran antara 0,074 mm sampai 0,002 mm. Lanau memiliki tahanan geser yang sangat rendah karena bidang kontak yang kecil. Lanau tidak lengket, berbeda dengan lempung. Namun, akan memberikan nilai kohesif pada lanau jika kandungan lempungnya walaupun hanya sekitar 5% sampai 8%. Lempung adalah bagian terkecil dari tanah, dengan ukuran antara 0,002 mm sampai 0,001 mm. Sifat kohesif tinggi pada lempung berasal dari mineral yang membentuknya sedemikian rupa sehingga terbentuk dua kutub listrik statis pada permukaannya. Lempungan kecil mineral lempung bermuatan listrik negatif pada bidang permukaan dan bermuatan positif pada sisi-sisinya. Dengan mempertimbangkan bentuk dan muatan listrik negatifnya, maka lempung bersifat kohesif dan menarik molekul air [4].

Untuk mengetahui variasi dalam ukuran partikel-partikel yang ada pada tanah, analisis fisik dari tanah dilakukan dalam persentase dari berat kering total. Dua metode yang umum digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel tanah adalah: (1) pemeriksaan saringan untuk partikel dengan diameter lebih dari 0,074 mm; dan (2) pemeriksaan hidrometer untuk partikel dengan diameter kurang dari 0,074 mm [5].

Ada beberapa upaya untuk mengatasi perbaikan tanah pada Tanah Lunak ataupun Tanah Normal yang nilai CBR <6%. Ada yang meneliti dengan cara penambahan semen untuk meningkatkan stabilisasi tanah. Metode ini merupakan metode yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan tanah yang buruk. Secara umum penambahan semen lebih disukai daripada yang lain tetapi tidak ramah lingkungan. Karena proses produksi semen lebih banyak melepaskan karbon dioksida ke atmosfer. Metode stabilisasi alternatif yaitu dapat menggunakan limbah pertanian dari penggilingan kelapa sawit yang disebut POFA (*Palm Oil Fuel Ash*), yang memiliki sifat pozzolan seperti semen. Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kekuatan

tanah maka diujicoba dengan menambahkan 20% POFA yang diolah dan manfaat ekonomis jika menggantikan semen. Pengujiannya menggunakan uji kompresi tak terbatas (UCT) dan dengan meninjau penelitian sebelumnya tentang stabilisasi tanah-semen. Berdasarkan standar pemadatan dengan cara menambahkan 20% POFA yang diolah menyebabkan penurunan kepadatan kering maksimum (MDD) dan meningkatkan kadar air optimum (OMC). Stabilisasi tanah yang diolah dengan POFA akan memperoleh kekuatan tekan maksimum setelah perawatan selama 28 hari. Percobaan menunjukkan peningkatan kekuatan tekan dari 0,55 MPa menjadi 1,04 MPa. Keuntungan ekonomis dengan penambahan 20% POFA terolah adalah dapat menggantikan semen antara 5% - 7,5%. Dengan demikian, POFA terolah layak digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dengan mempertimbangkan waktu pengerasannya [14].

Upaya memperbaiki stabilitas tanah juga ada dengan memanfaatkan tanah laterit di Kepulauan Bangka Belitung. Tanah tersebut menjadi salah satu material utama dalam konstruksi timbunan jalan. Tujuannya untuk mengidentifikasi tanah laterit dengan penambahan limbah debu granit sebagai bahan campuran stabilisasi tanah timbunan pada lapis subgrade Jalan. Skema campurannya dengan tambahan debu granit 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Hasil menunjukkan bahwa tanah laterit lokal termasuk klasifikasi tanah *Silty Clay* berplastisitas sedang-rendah. Penambahan debu granit menyebabkan turunnya nilai plastistas dan memudahkan pemadatannya dan meningkatkan nilai CBR. Didapatkan peningkatan pemadatan dan nilai CBR optimal pada penambahan debu granit sebesar 10% dari berat benda uji [17].

Perbaikan stabilitas tanah pada lempung berplastisitas tinggi juga dapat dengan cara menambahkan arang tempurung kelapa. Arang tempurung kelapa dilakukan percobaan sebanyak 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% dari berat kering tanah. Sampel yang digunakan adalah tanah terganggu, dan lama perawatan 7 hari. Pengujian sifat fisik dan mekanik tanah (CBR dan uji Pengembangan) mengacu pada Standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa sebesar 4% dapat meningkatkan daya dukung dan menurunkan indeks pengembangan. Nilai CBR optimal sebesar 14,69% diperoleh pada penambahan arang tempurung kelapa sebanyak 4% dengan kondisi tanah tidak terendam dengan masa pemeraman 7 hari. Sedangkan pada kondisi tanah terendam nilai CBR optimal sebesar 8,53% dan nilai pengembangan sebesar 0,24%. Peningkatan nilai CBR dan penurunan nilai pengembangan akan menyebabkan lapisan konstruksi jalan menjadi lebih stabil dalam menahan beban [15].

Perbaikan tanah juga dapat dengan memanfaatkan Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS) merupakan produk sampingan atau limbah bukan logam dari proses produksi besi dan baja. Pemanfaatan GGBFS saat ini sudah banyak diaplikasikan sebagai bahan tambah pada campuran mortar, karena memiliki sifat pozolanik, dapat juga digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah subgrade yang tidak masuk dalam persyaratan teknis perkerasan jalan. GGBFS dijadikan bahan geopolimer bersama dengan NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai alkali aktivator untuk menghasilkan ikatan polimer yang padat seperti semen. Konsentrasi NaOH 10 M yang digunakan adalah dengan rasio larutan 2,0 (Na_2SiO_3 terhadap NaOH), variasi kadar GGBFS sebesar 0% dan 20%, serta variasi kadar S/L (GGBFS terhadap aktivator) sebesar 1/2 dan 1/2,5; yang dicampur dengan tanah asli untuk membuat sampel kuat tekan bebas/Unconfined Compression Test (UCT), dengan pemeraman benda uji UCT dilakukan dengan waktu 0, 7, 14, dan 28 hari. Dari hasil pengujian sampel Tanah asli berjenis tanah OH. Hasil pengujian UCT sampel tanah asli tanpa stabilisasi dengan waktu peram 28 hari sebesar $1,59 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan sampel tanah yang distabilisasi (tanah 80%, GGBFS 20%, alkali activator S/L (1/2,5)) adalah sebesar $29,386 \text{ kg/cm}^2$. Hasil UCT menunjukkan kenaikan nilai kekuatan tanah yang signifikan sehingga geopolimer dengan bahan GGBFS dan (NaOH; Na_2SiO_3) dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah sebagaimana penggunaan semen Portland [18].

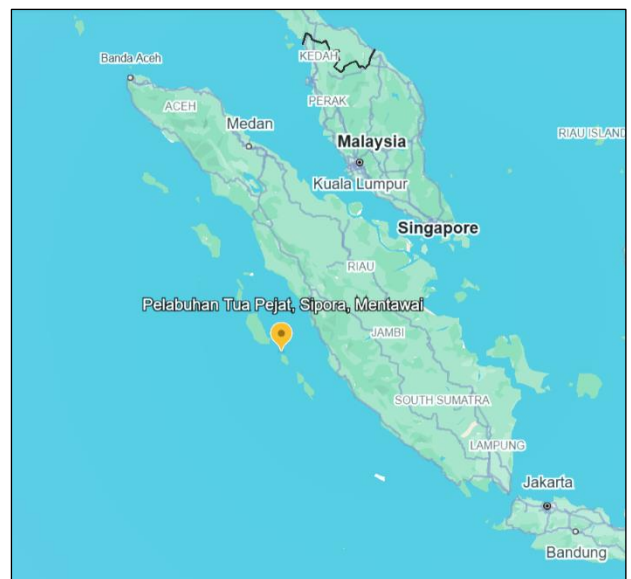
Untuk mempercepat proses penurunan tanah dasar, kombinasi preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD) dapat digunakan. Metode preloading menggunakan sistem surcharge, menempatkan beban timbunan pada tanah dasar dengan tinggi desain 5 meter, sedangkan metode PVD memasang alat vertical drain ke dalam lapisan tanah lunak. Data yang diperlukan mencakup layout lokasi serta data tanah dasar—yaitu, data tanah hasil uji laboratorium dan lapangan. Hasilnya menunjukkan penurunan sebesar 1,556 meter dengan derajat konsolidasi 90% selama 2,149 tahun. Selanjutnya, waktu penurunan tanah dasar dengan derajat konsolidasi 90% menjadi lebih cepat setelah memasukkan metode PVD, yaitu dua bulan dengan pola pemasangan segitiga dengan jarak 3 meter. Untuk proyek jalan tol yang menghubungkan Palembang ke Indralaya, pendekatan gabungan antara preloading dengan PVD terbukti digunakan [19].

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental di laboratorium. Hasilnya divalidasi dengan memberikan

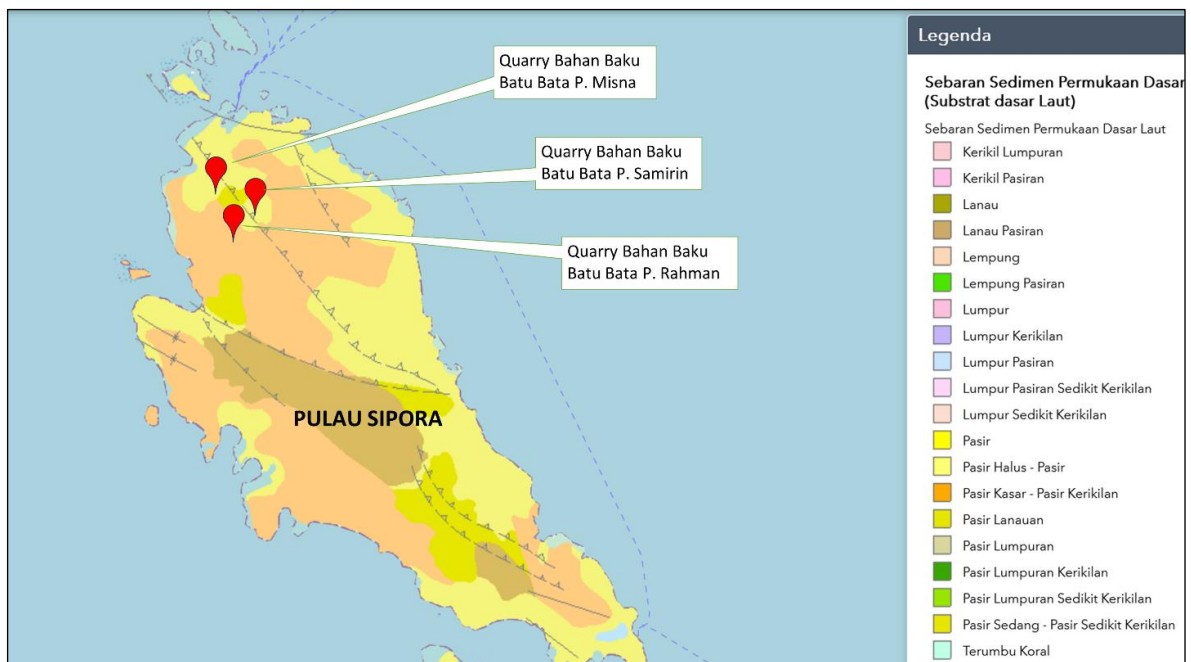
sampel percobaan yang memadai untuk menunjukkan validitasnya. Pemilihan pengujian Proctor Pemadatan (SNI 1742:2008) dan pengujian CBR Rendaman (SNI 1744:2012) sebagai pengujian utama dalam simulasi perbaikan subgrade jalan pada tanah lunak karena menggambarkan kondisi tanah yang sesungguhnya di lapangan dengan pengambilan sampel langsung dari lokasi tersebut.

Lokasi penelitian yaitu sumber pengambilan material atau bahan baku (*quarry*) di tiga lokasi pembuatan pabrik (*factory*) batu bata di Pulau Sipora. Lokasi-lokasi ini terletak di Desa Bukit Pamewa dan Desa Sido Makmur, di Kecamatan Sipora Utara, Kabupaten Kepulauan Mentawai, Provinsi Sumatera Barat. Bahan baku atau bahan mentah Batu Bata berada di dekat pabriknya masing-masing. Ada tiga lokasi *quarry*. Yang pertama adalah *quarry* Samirin di Bukit Pamewa, yang terletak pada koordinat Latitude -2,082985; Longitude 99,600859. Yang kedua adalah *quarry* Batu Bata Rahman di Bukit Pamewa, yang terletak pada koordinat Latitude -2,085909; Longitude 99,598173. Yang terakhir adalah *quarry* Batu Bata Misna di Sido Makmur, yang terletak pada koordinat Latitude -2,071400; Longitude 99,584522.



Gambar 1. Titik Lokasi Penelitian di Pulau Sipora, Kepulauan Mentawai, Sumatera, Indonesia [6].

Tempat *quarry* Batu Bata berjarak sekitar 1 km dari Pabrik Samirin ke Pabrik Rahman, dan 3 km dari Pabrik Rahman ke Pabrik Misna.



Gambar 2. Posisi lokasi Pabrik Batu Bata pada penelitian di Pulau Sipora, Kepulauan Mentawai, Indonesia [20]

Tiga pabrik ini menunjukkan pengrajin batu bata yang pernah ada di Kepulauan Mentawai, karena mereka adalah sentra produksi terbesar, yang mampu memproduksi 20.000 batu bata setiap dua bulan. Pabrik-pabrik ini masih beroperasi hingga saat ini.

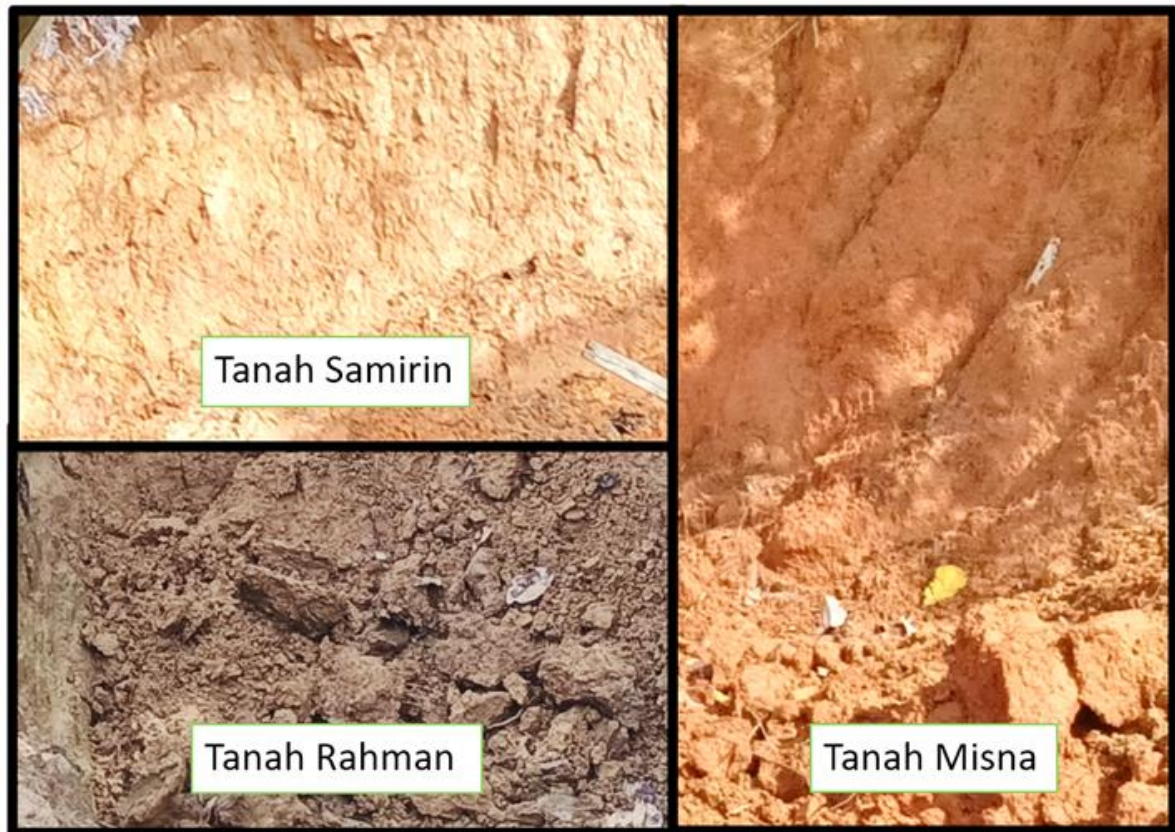
Ada dua metode pengambilan data dalam penelitian ini: survei penyelidikan lapangan dan pengujian laboratorium. Survei lapangan berarti mengunjungi lokasi yang menghasilkan batu bata dan tempat pembuatan batu bata secara visual untuk membaca situasi kondisi di Kepulauan Mentawai [7,8].

Untuk mendapatkan data fisik dan mekanik tentang tanah, pengujian laboratorium adalah metode utama. Hasil pengujian laboratorium terhadap sifat fisik dan mekanik tanah batu bata termasuk analisis saringan dan hidrometer, klasifikasi tanah, pengujian pemadatan proctor dan CBR rendaman, pengujian kuat tekan bebas (UCS), pengujian sudut geser, pengujian kadar air, dan pengujian batas plastis dan cair menggunakan standar SNI sebagaimana disebutkan pada tabel 1 dan tabel 2. Dengan pengujian laboratorium ini, sifat perilaku tanah bahan baku bata dapat diidentifikasi [9,10,11,12]. Pengujian Laboratorium dilaksanakan di Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga, Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sumatera Barat dan Pengujian XRF dan XRD di Laboratorium Kimia dan Laboratorium Fisika Universitas Negeri Padang.

Adapun alur penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian



Gambar 4. Tekstur Visual Tanah dari Lokasi Penelitian

Tabel 1. Jumlah Contoh Benda Uji Bahan Baku Batu Bata yang Dibutuhkan untuk Pengujian Laboratorium

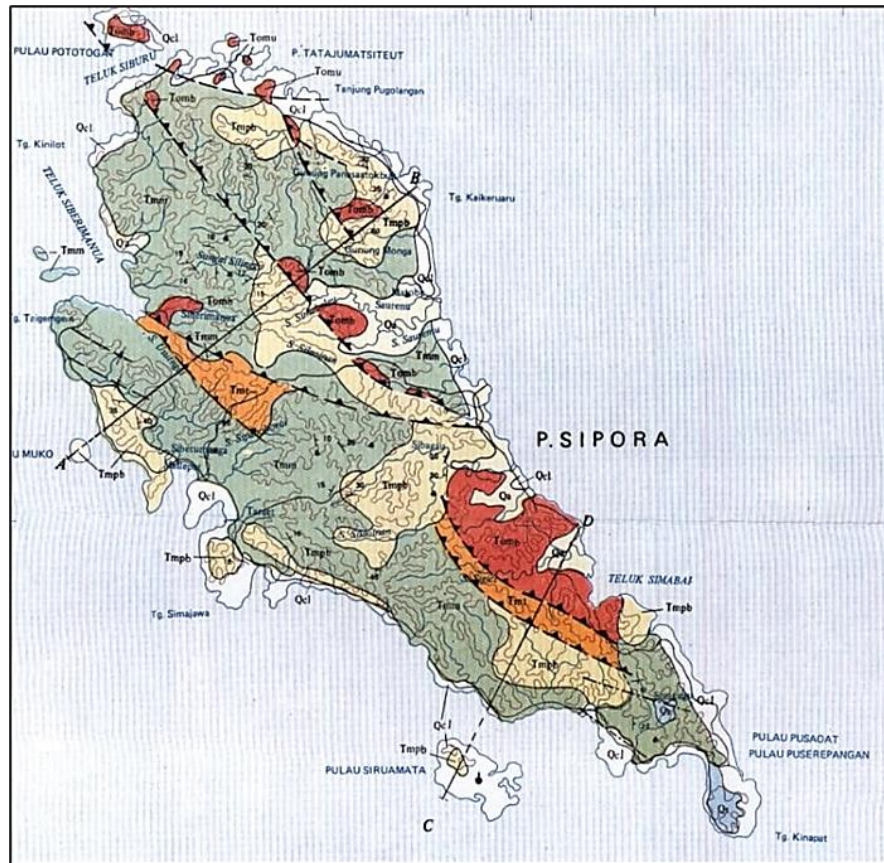
No.	Kebutuhan contoh Untuk Tanah Bahan Baku	Sampel Duplo pada 3 Pabrik (gram)	Standar Pengujian yang digunakan
1	Pengujian Kadar Air Tanah	3x2x200	SNI 1965:2008
2	Pengujian Analisa Saringan	3x2x500	SNI 3423:2008
3	Pengujian Hidrometer	3x2x500	SNI 3423:2008
4	Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Tanah	3x2x200	SNI 1964:2008
5	Pengujian <i>Liquid Limit</i> Tanah	3x2x400	SNI 1967:2008
6	Pengujian <i>Plastic Limit</i> Tanah	3x2x200	SNI 1966:2008
7	Pengujian Standar Proctor Pemadatan (Berat Isi)	3x5x2500	SNI 1742:2008
8	Pengujian CBR Laboratorium	3x3x5000	SNI 1744:2008
9	Pengujian Kuat Tekan Bebas	3x2x2500	SNI 3836:2012
10	Pengujian Kuat Geser Langsung Tidak Terdrainase	3x2x2500	SNI 3420:2016
11	Pengujian Kimia XRF	3x1x100	Intrumen XRF
12	Pengujian Kimia XRD	3x1x100	BS EN 13925-2-2023

Tabel 2. Jumlah Contoh Benda Uji yang Dibutuhkan untuk Percobaan Pemadatan Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50

No.	Kebutuhan contoh dari Percobaan Pemadatan Tanah Bahan Baku, Serbuk Batu Bata dan Campuran 50:50	Jumlah Untuk Percobaan (gram)	Standar Pengujian yang digunakan
1	Pengujian Standar Proctor Pemadatan (Berat Isi)	6x5x2500	SNI 1742:2008
2	Pengujian CBR Laboratorium	6x3x5000	SNI 1744:2012
3	Pengujian Kuat Tekan Bebas	3x2x2500	SNI 3836:2012
4	Pengujian Kuat Geser Langsung Tidak Terdrainase	3x2x2500	SNI 3420:2016

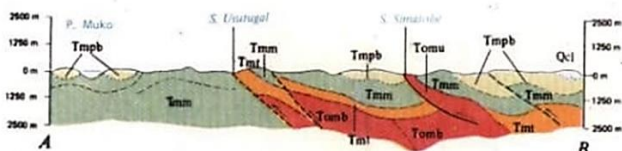
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil penyelidikan lapangan terhadap lapisan tanah di Pulau Sipora sebagai berikut.

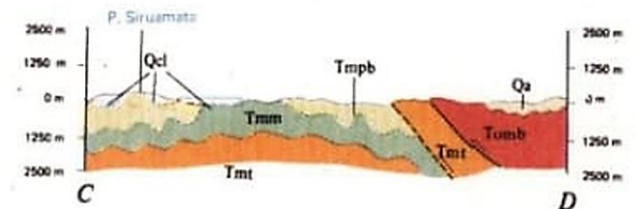


Gambar 5. Peta Geologi Pulau Sipora Mentawai dengan skala 1:250.000 [2]

Pada Gambar di atas, Pulau Sipora sebagian besar didominasi oleh Formasi Maonai (Tmm warna Hijau), yang terdiri dari perselingan Batupasir Tufan, Batulanau Tufan, Batupasir, Batulempung Tufan, dan Batupasir Gampingan. Formasi Batumonga (Tmb warna Kuning) dominan di sebelah timur Pulau Sipora, dan terdiri dari perselingan Napal, Batupasir Gampingan, Batugamping Pasiran, dan Batulempung Tufan, kadang-kadang diselingi Formasi merah (Formasi Bancuh Tak Terparakkan, symbol Tomb), Formasi Batugamping Korall (symbol Qcl warna Putih), dan Formasi Tolopulai (symbol Tmt warna Orange). Formasi Merah tampaknya memiliki luasan hanya 10%. Peta geologi Pulau Sipora ditunjukkan pada potongan gambar A-B dan C-D di bawah ini [2].



Gambar 6. Peta Kedalaman Lapisan Tanah Pulau Sipora di Potongan A-B, yang diperkirakan mencapai kedalaman 2500 meter [2].



Gambar 7. Peta ini menunjukkan kedalaman lapisan tanah Pulau Sipora pada potongan C-D, yang diperkirakan mencapai kedalaman 2500 meter [2].

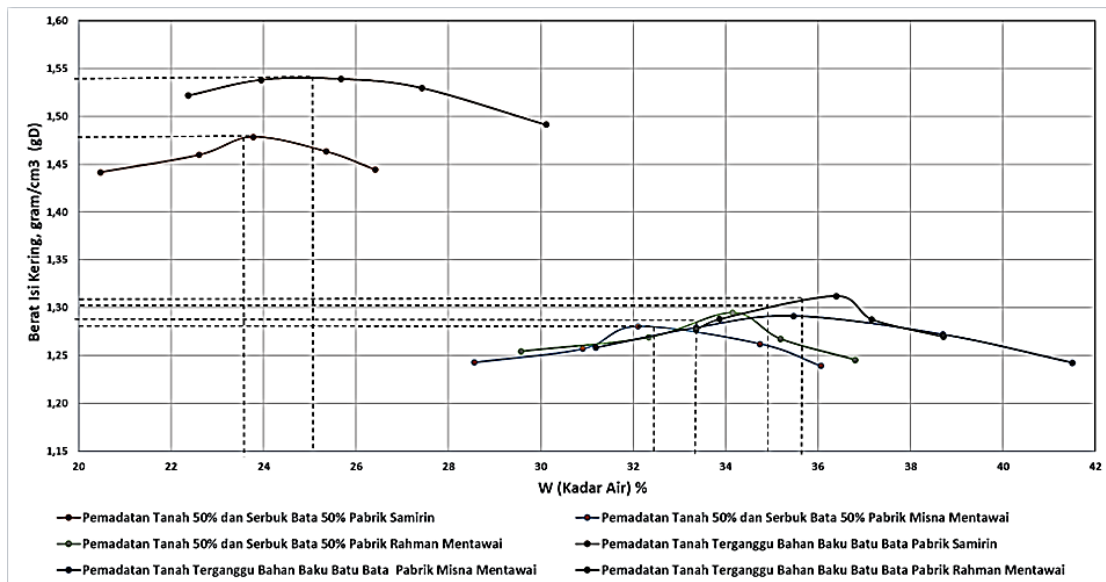
Adapun hasil pengujian laboratorium sebagaimana pada daftar rekapitulasi hasil pengujian laboratorium terhadap Sifat-Sifat Fisik Tanah Bahan Baku yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga, Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sumatera Barat sebagaimana pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Bahan Baku Batu Bata

No.	Karakteristik Fisik	Hasil Pengujian Tanah Bahan Baku		
		Samirin	Rahman	Misna
1.	Saringan (% lolos)			
	Ukuran 3/8"	100	100	100
	No. 4	100	100	100
	No. 10	99,70	99,90	99,97
	No. 40	98,36	97,53	99,27
	No. 100	94,14	88,59	96,59
	No. 200	91,84	86,21	96,37
2.	Hidrometer (% lolos)			
	# 0,05	34,81	37,24	35,18
	# 0,02	33,83	35,93	33,20
	# 0,01	28,95	30,72	30,74
	# 0,005	25,05	25,91	26,30
	# 0,002	21,14	21,50	23,34
	# 0,001	20,16	19,09	21,96
3.	Batas Cair (%)	45,22	59,93	79,31

4.	Batas Plastis (%)	25,29	38,89	48,36
5.	Index Plastisitas (%)	19,93	21,04	30,95
6.	Kadar Air Tanah Tidak Terganggu (%)	43,68	46,91	48,17
7.	Berat Jenis	2,72	2,70	2,71
8.	Klasifikasi Tanah	Lempu ng	Lanau an	Lanau an
		Plastisi tas (MH)	Elastis (MH)	Elastis (MH)
		Rendah (CL)		

Kemudian peneliti melakukan pengujian percobaan pemadatan proctor standar sesuai SNI 1742:2008 sebanyak enam set percobaan (satu set = lima benda uji). Tiga set untuk sampel Tanah Bahan Baku dan tiga set untuk sampel adukan 50 % berat Tanah Bahan Baku dan 50 % berat Serbuk Bata Bata (Campuran 50 : 50). Berikut Gambar 8 dibawah ini hasil percobaannya.



Gambar 8. Gabungan Grafik Percobaan Kadar Air dengan Kepadatan Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50 (Tanah/Serbuk Bata).

Hasil percobaan pemadatan dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 dibawah ini.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Percobaan Pemadatan Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50

MDD Max. (gram/cm³)	Samirin Factory	Rahman Factory	Misna Factory
Tanah Bahan Baku	1,54	1,31	1,29
Campuran (50:50)	1,47	1,28	1,27

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Air Optimal Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50

Kadar Air Optimum (%)	Samirin Factory	Rahman Factory	Misna Factory
Tanah Bahan Baku	25,26	35,83	35,74
Campuran (50:50)	23,63	33,07	32,36

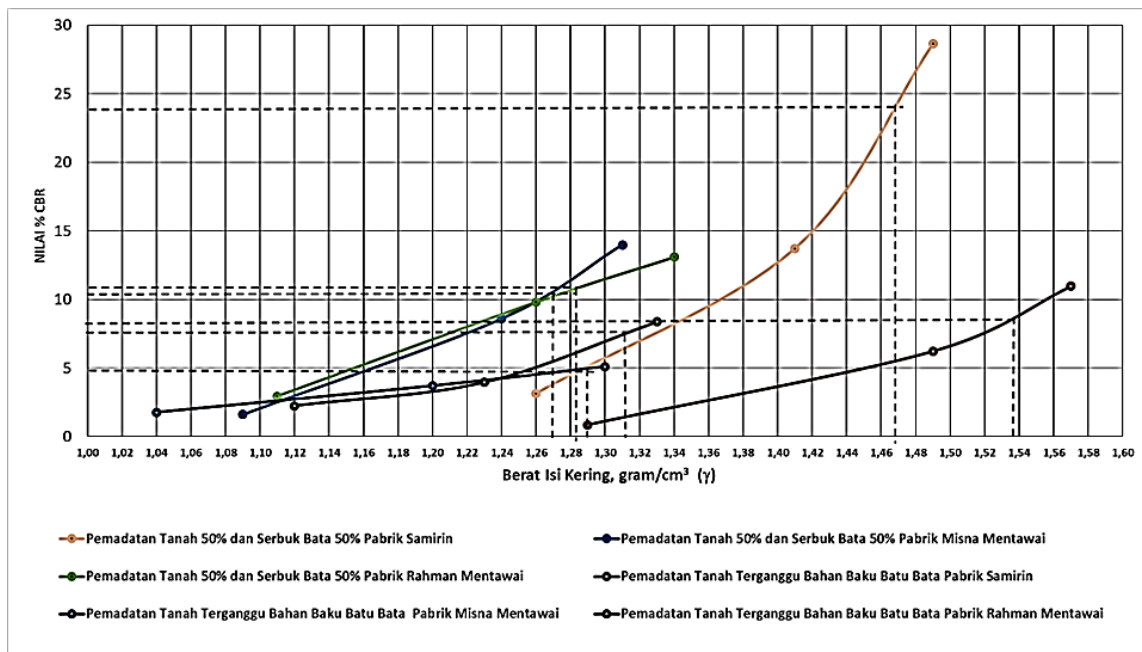
Mengamati hasil pengujian diatas, bahwa hasil percobaan pemadatan Proctor Standar pada Gambar 8 pada Quarry Pabrik Samirin, Quarry Pabrik Rahman, dan Quarry Pabrik Misna dengan variasi Percobaan Pemadatan Tanah Terganggu Bahan Baku (*disturbed sample*), dan Percobaan Campuran 50:50 maka menghasilkan nilai kepadatan kering maksimum (MDD) dan Kadar Air Optimum

(KAO). Dari Gambar 8 dapat dianalisa bahwa perbedaan klasifikasi tanah dari ketiga pabrik tersebut sangat mempengaruhi hasil pengujian. Pada Quarry Pabrik Samirin tampak hasilnya lebih baik dari sisi kepadatan kering maksimum dan KAO karena klasifikasi tanah berupa Lempung Plastisitas Rendah (CL) dibanding dengan hasil pengujian dari Quarry Pabrik Rahman dan Quarry Pabrik Misna yang hasilnya berdekatan berupa Lanauan Elastis (MH).

Bila ditinjau dari hasil percobaan pemadatan Tanah Terganggu (Tanah Bahan Baku) berbanding dengan

Campuran 50:50 maka kepadatan kering maksimum didapatkan yang tertinggi pada Tanah Bahan Baku kemudian disusul hasil Campuran 50:50.

Berikut pada Gambar 9 dibawah ini merupakan penarikan mendapatkan nilai CBR dari percobaan pemadatan Berat Isi CBR Rendaman selama 4 hari di Laboratorium dengan enam set percobaan. Percobaan dilakukan satu set terdiri dari 3 benda uji dengan cetakan (mold) CBR dengan 65 tumbukan, 30 tumbukan, dan 10 tumbukan sesuai SNI 1744:2012.



Gambar 9. Gabungan Grafik Percobaan Pemadatan Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50 (Tanah/Serbuk Bata) dengan Nilai CBR.

Pada Gambar 9 diatas bahwa nilai CBR terhadap percobaan pemadatan CBR laboratorium pada Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50, dapat dianalisa bahwa hasil tertinggi pengujiannya diperoleh pada Campuran 50:50 dan kemudian didapatkan pada hasil Tanah Bahan Baku sebagaimana tercantum pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Nilai (Value) CBR dari Percobaan Pemadatan CBR Rendaman (Soaked) 4 hari pada Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50

Nilai CBR Rendaman (%)	Pabrik Samirin	Pabrik Rahman	Pabrik Misna
Tanah Bahan Baku	9,00	7,04	4,92
Campuran (50:50)	24,64	10,75	10,92

Tabel 7. Perolehan Rentang CBR Value dari Percobaan Pemadatan CBR Soaked 4 hari pada Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50

CBR Value (%)	Rentang CBR Value (%)
Tanah Bahan Baku	4,92 sampai 9,00
Gabungan (50:50)	10,75 sampai 24,64

Dari data diatas dapat dianalisa bahwa terdapat peningkatan nilai CBR pada Tanah Bahan Baku terhadap Campuran 50:50 sebesar 218%, yaitu nilai CBR 4,92% menjadi 10,75%,

Berikut hubungan nilai CBR dengan Sudut Geser dan Kohesi Tanah pada percobaan pemadatan Proctor dan percobaan pemadatan CBR Rendaman 4 hari serta pengujian Kuat Tekan Bebas pada Tanah Bahan Baku.

Tabel 8. Hubungan CBR Value, Sudut Geser, UCS, dan Nilai Kohesi dengan Kepadatan Tanah Bahan Baku

Benda Uji	Pabrik Bata	Klasifikasi Tanah USCS	Karakteristik Mekanik Tanah			
			CBR Value (%)	Sudut Geser Langsung (°)	UCS, q_u (kg/cm ²)	Kohesi, c (kg/cm ²)
Tanah Bahan Baku/Mentah	Samirin	<i>Lean Clay</i> (CL)	9,00	13,87	1,792	0,023
	Rahman	<i>Elastic Silt</i> (MH)	7,04	14,47	1,459	0,025
	Misna	<i>Elastic Silt</i> (MH)	4,92	15,56	1,438	0,021

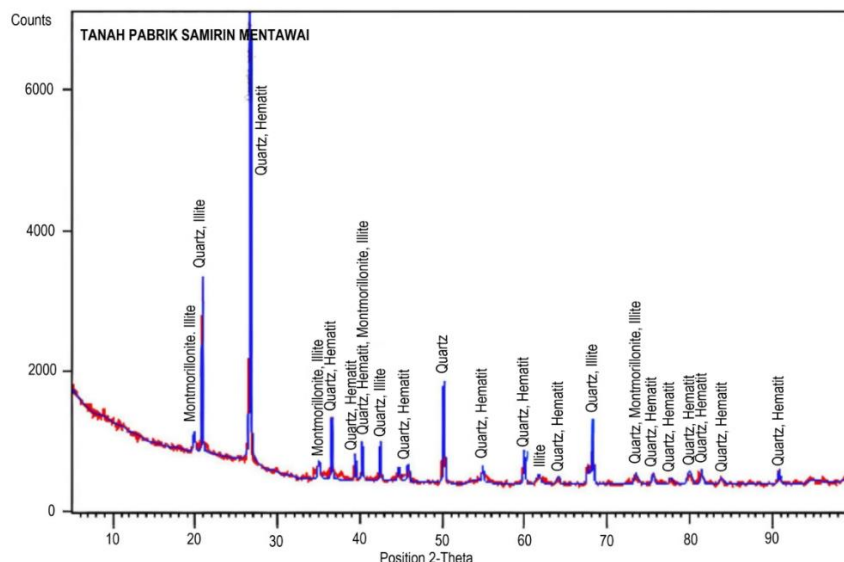
Terdapat kesamaan perilaku antara kenaikan nilai CBR dan q_u pada Kuat Tekan Bebas tetapi berbanding terbalik dengan pada nilai Sudut Geser dan Kohesi (c).

Tabel 9. Kandungan Pozzolanic pada Tanah Bahan

Kandungan Kimia (%)	Tanah Bahan Baku		
	Samirin Factory	Rahman Factory	Misna Factory
Silika (SiO ₂)	54,55	35,79	32,65
Alumina (Al ₂ O ₃)	15,32	21,80	18,26
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	17,21	18,87	35,82
Jumlah (%)	87,08	76,46	87,73

Kandungan Pozzolan Alami (Kelas N) pada Tanah Bahan Baku ini yaitu Silika (SiO₂) + Alumina (Al₂O₃) + Besi Oksida (Fe₂O₃) telah melampaui dari 70%, artinya bahan tersebut dapat dijadikan bahan tambah bagi pembuatan Semen Portland [1].

Pengujian X-Ray Diffraction (XRD) pada Tanah Bahan Baku/Mentah pada Samirin Factory, Rahman Factory, dan Misna Factory sebagaimana data dibawah ini.



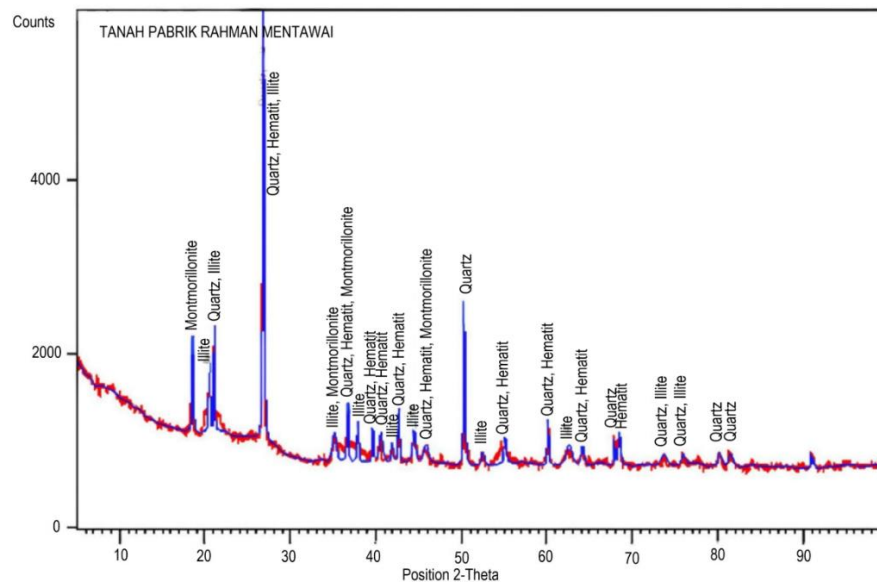
Gambar 10. Grafik Pengujian XRD Tanah Bahan Baku/Mentah Pada Pabrik Samirin

Untuk tanah yang digunakan sebagai bahan baku untuk Pabrik Bata Samirin terdapat unsur mineral Montmorillonite, yaitu gabungan dari unsur Aluminium Silicate Hydroxide dengan formula kimia $AlSi_2O_6(OH)_2$

yang berbentuk Monoclinic dengan kepadatan yang tidak diketahui. Bahan baku tersebut juga mengandung mineral Quartz, yang merupakan gabungan dari unsur Silicon Oxide dengan formula kimia SiO_2 yang berbentuk

Heksagonal dengan kepadatan 2,65 gram per cm^3 . Bahan baku tersebut juga mengandung unsur Illite, yang merupakan gabungan dari unsur Potassium Aluminum Silicate Hydroxide dengan formula kimianya $\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_9(\text{OH})_3)$ yang berbentuk Monoclinic dengan

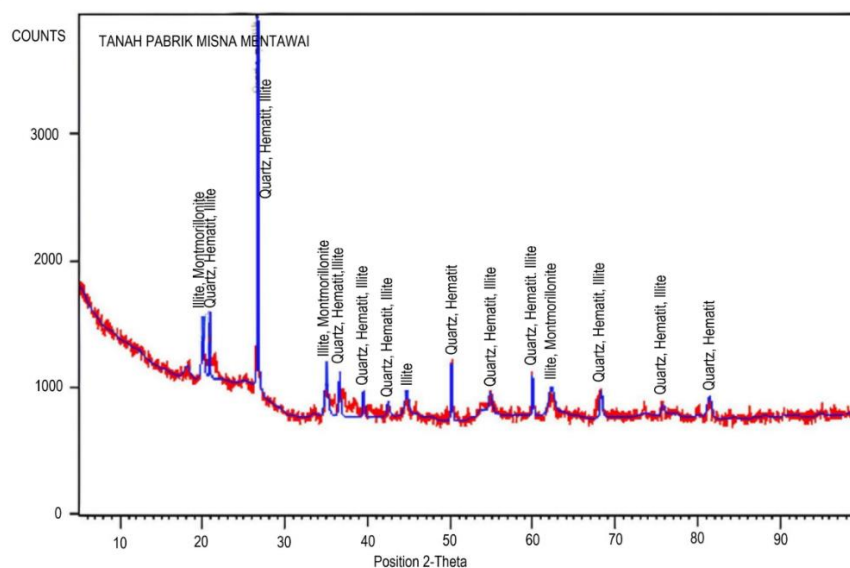
kepadatan $2,92 \text{ gr/cm}^3$ dan mineral lainnya termasuk mineral Hematit yang merupakan dari unsur Ferric Oxide (Fe_2O_3).



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian XRD Tanah Bahan Baku Pada Pabrik Rahman

Untuk tanah yang digunakan sebagai bahan baku pada Pabrik Bata Rahman, terdapat mineral Montmorillonite yaitu gabungan dari unsur Sodium Alumunium Silikat Hidroksida Hidrat dengan formula kimia $(\text{Na,Ca})_{0,3}\text{AlMg}_2\text{Si}_4\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, yang berbentuk Orthorhombic dan memiliki kepadatan tidak diketahui. Selain itu, bahan baku tersebut mengandung mineral Quartz, yang merupakan gabungan dari unsur Silicon Oksida dengan formula kimia SiO_2 berbentuk Heksagonal

dengan kepadatan $2,66 \text{ gram/cm}^3$. Dan juga mengandung unsur Illite yang merupakan campuran dari unsur Potassium Aluminum Silicate Hydroxide dengan formula kimianya $\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_9(\text{OH})_3)$ berbentuk Monoclinic dengan kepadatan $2,92 \text{ gr/cm}^3$ dan gabungan mineral lainnya termasuk mineral Hematit yang merupakan dari unsur Ferric Oxide (Fe_2O_3).



Gambar 12. Grafik Pengujian XRD Tanah Bahan Baku Mentah Pada Pabrik Misna

Unsur mineral Montmorillonite dari tanah yang digunakan sebagai bahan baku untuk Pabrik Bata Misna adalah gabungan dari unsur Hidroksida Aluminium Silicate dengan formula kimianya yang berbentuk Monoclinic dan memiliki kepadatan yang tidak diketahui. Selain itu, bahan baku tersebut mengandung mineral Quartz, yang merupakan gabungan dari unsur Silicon Oxide dengan formula kimianya SiO_2 yang berbentuk Hexagonal dengan kepadatan $2,65 \text{ gram/cm}^3$. Bahan baku tersebut juga mengandung unsur Illite, yang merupakan gabungan dari unsur Silicon Oxide dengan formula kimianya $\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_9(\text{OH})_3)$ yang berbentuk Monoclinic dengan kepadatan $2,92 \text{ gram/cm}^3$, dan mineral lainnya termasuk mineral Hematit yang merupakan dari unsur Ferric Oxide (Fe_2O_3).

Dari pembahasan diatas, diangkat suatu rekayasa hasil pengujian pada penelitian ini yaitu dengan percobaan pemadatan Proctor dan CBR Rendaman pada Tanah Bahan Baku dan Campuran 50:50 mengungkapkan bahwa Serbuk Batu Bata (hancuran/limbah Batu Bata) dapat dijadikan bahan Stabilisasi Tanah bagi Tanah Dasar (Subgrade) yang mampu mengangkat daya dukung tanah dengan nilai CBR hampir 2 kali lipatnya.

Rekayasa hasil juga dapat diterapkan pada Subgrade Jalan yang baru untuk perbaikan nilai CBR yang disyaratkan pada Tanah Lunak (nilai CBR kurang dari 2,5%) dan Tanah Normal (nilai CBR 2,5 – 6%, istilah pertanian). Bila di lokasi pekerjaan atau proyek terdapat kayu bakar yang melimpah disertai drainase bagi jalan baru memungkinkan alirannya dan bukan Tanah Gambut maka rencana badan jalan dapat dibuat parit-parit saluran ukuran lebar 1 meteran dengan kedalaman yang diperlukan untuk Stabilisasi Tanah, misalnya 1,5 meter, sebagai tempat untuk pembakaran dengan kayu bakar selama 3 (tiga) hari dengan suhu sekitar 950°C sampai 1050°C sampai tanah kuning-kemerahan. Siapkan juga atap seng bila terjadi hujan. Bila tidak memungkinkan dengan pembakaran di lokasi pekerjaan maka dapat dibakar tanah tersebut dari tempat lain yang dekat dan efisien. Alternatif lain juga dapat menggantinya material timbunan yang lebih baik di sekitar lokasi pekerjaan [13].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Klasifikasi Tanah sangat mempengaruhi hasil pengujian. Klasifikasi tanah dari penelitian diatas termasuk Lempung Plastisitas Rendah (CL) dan Lanauan Elastis (MH). Tanah Bahan Batu Bata di Kepulauan Mentawai ini mempunyai Berat Jenis yang cukup berat yaitu 2,70 - 2,72 karena

mengandung Besi Oksida (Fe_2O_3) sekitar 20% - 30% dari kandungan kimianya. Pengujian CBR Rendaman menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan sebesar 200% dari 4,92% sebelumnya.

2. Perbaikan tanah dengan nilai CBR kurang dari 6% dengan metode pembakaran (*Burning Method*) terbukti meningkatkan nilai CBR dua kali lipat dari tanah bahan baku terhadap campuran adukan 50:50 (Tanah / Serbuk Bata), sedangkan adukan 50:50 terhadap Serbuk Batu Bata dapat meningkatkan 4 kali lipatnya. Hal ini karena perubahan komposisi unsur kimia pozzolanic, seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Selain itu, metode pembakaran akan mengurangi komposisi mineral Montmorillonite dan Illite dan beralih ke komposisi Quartz dan Hematit yang mendominasi.

Dari hasil analisis diatas, disarankan:

1. Uji tambahan, bila diperlukan, menggunakan uji triaksial, konsolidasi, dan permeabilitas tanah.
2. Untuk mempercepat suhu pembakaran batu bata merah, penelitian disarankan dilakukan dengan memodifikasi campuran tanah bahan baku dengan mineral lainnya, misalnya abu sekam padi, fly ash, dan kapur. Untuk penerapan di lapangan dalam rangka perbaikan tanah lunak non organik dapat dibuat parit-parit galian pada badan jalan dengan kedalaman dan jarak sesuai kebutuhan untuk tungku pembakaran dengan kayu bakar sebagai pemanas selama 3×24 jam. Kemudian ditimbun kembali dan lakukan pemadatan sesuai ketentuan. Pada tanah organik tidak disarankan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society for Testing and Materials. *A.S.T.M. C618*. U.S.: The American Society for Testing and Materials, 2013.
- [2] T. Budhistira. et. al. *Peta Geologi Lembar Pagai Sipora Sumatera*. [Peta Geologi Bersistim Indonesia]. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung, 1990.
- [3] Kabupaten Kepulauan Mentawai. Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Kepulauan Mentawai Tahun 2025 - 2035.
- [4] A. Hakam. *Rekayasa Pondasi*. Padang: Bintang Grafika, 2008, pp. 3-4.
- [5] B.M. Das. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Penerjemah: N. Endah, & I.B. Mochtar. Jakarta: Erlangga, 1995, pp. 17.
- [6] Google Earth. 10.75.0.2. @2023 Google LLC Internet: <https://earth.google.com/web/@->

2.06025474,99.59013577,14.73443532a,11674.

- [7] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. *S.N.I. 8460:2017*. Jakarta: BSN, 2017.
- [8] S.L. Hendarsin. *Geoteknik dan Mekanika Tanah (Penyelidikan Lapangan & Laboratorium)*. Bandung: Nova, 1994, pp. 9-147.
- [9] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. *S.N.I. 1742:2008*. Jakarta: BSN, 2008.
- [10] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. *S.N.I. 1744:2012*. Jakarta: BSN, 2012.
- [11] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. *S.N.I. 3638:2012*. Jakarta: BSN, 2012.
- [12] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. *S.N.I. 3420:2016*. Jakarta: BSN, 2016.
- [13] Direktorat Jenderal Bina Marga. No. 03/M/BM/2024 Tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.
- [14] M. Toyeb, A. Hakam, & Andriani. "The strength and economic benefit of soil stabilization with Palm Oil Fuel Ash (POFA) as agro-waste". *2rd ICDMM 2023*. E3S Web of Conferences 464, 11001 (2023),
- [15] Andriani, R. Yuliet, & D. Permana. "Utilization of Coconut Shell Charcoal to Improve Bearing Capacity of Clay as Subgrade for Road Pavement". *3rd International Conference on Sustainable Infrastructure*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 832 (2021) doi:10.1088/1755-1315/832/1/0 12041.
- [16] M. Toyeb, A. Hakam, Fauzan, & Andriani. "Study Experimental On Strength Characteristics Of Alkali-Activated POFA To Soil Stabilization As Subgrade". *Sciendo: Civil and Environmental Engineering*, Vol. 20 (2024), Issue 2, 730-741, DOI: 10.2478/cee-2024-0055
- [17] A.G. Irwan, M. Arif, H.H. Bayu, R. Aditiawan & S. Panita. "Studi Pemanfaatan Limbah Penambangan Granit Pada Karakteristik Kekuatan Tanah Laterit Untuk Konstruksi Timbunan Jalan". *Jurnal Rekayasa Sipil: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas*. Vol. 20 No. 3 Desember 2024, <https://jrs.ft.unand.ac.id>
- [18] R.I. Kusuma, F.P. Cahyani, E. Mina, & W. Fathonah. "Pemanfaatan Limbah Ground Granulate Blast Furnace Slag Sebagai Bahan Geopolimer Untuk Stabilisasi Tanah Dasar"
- Jurnal Jalan Jembatan: Puslibang Kementerian PUPR*. Vol. 41 No. 2 Juli – Desember 2024: 94-103
- [19] M. Misriani, E. Suardi, Liliwarti, W. Fitria, & I. Iqbal. "Studi Pengaruh Spasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) Terhadap Penurunan Tanah". *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 10 No. 2, Oktober 2024, pp. 228-241, DOI : <https://doi.org/10.31849/siklus.v10i2.19770>
- [20] Geoportal ESDM @2024 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Internet: <https://geoportal.esdm.go.id/geologi>.