

POTENSI PEMANFAATAN BITUMEN COLD MIX DAN POTONGAN SERAT BAN SEBAGAI BAHAN STABILISASI TERHADAP KARAKTERISTIK KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Dhevi Mulyanda¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Program Studi D3, Politeknik Negeri Sriwijaya, 30128, Indonesia

Email: dhevi.mulyanda@polsri.ac.id

Abstrak: Tanah lempung memiliki sifat sangat kohesi, kadar kembang susut yang tinggi, dan proses konsolidasi yang sangat lambat. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah sebelum dilakukan proses konstruksi dengan cara stabilisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan potongan serat ban dan bitumen cold mix terhadap perubahan nilai kuat geser tanah yang meliputi nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser dengan uji Triaxial Unconsolidated Undrained. Untuk melihat pengaruh penambahan bahan stabilisasi tersebut, dilakukan penelitian di laboratorium dengan membuat benda uji sebanyak 48 buah dengan 4 variasi kadar potongan serat ban (0%, 1%, 1,5%, dan 2%) dan 4 variasi kadar bitumen cold mix jenis emulsi (0%, 1%, 2%, dan 3%). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penambahan bitumen dan potongan serat ban dalam komposisi campuran tanah memberikan pengaruh berupa kenaikan parameter kuat geser tanah. Nilai kohesi tanah maksimum terjadi pada persentase 1% penambahan potongan serat ban dan 2% bitumen (T99B2SB1) dengan nilai kohesi sebesar 0.61 kg/cm². Sementara itu nilai sudut gesek maksimum terjadi pada penambahan 1.5% potongan serat ban dan 1% bitumen (T98.5B1SB1.5) dengan nilai sebesar 7.43o. Kuat geser sebagai fungsi penjumlahan kohesi dan sudut gesek juga mengalami peningkatan dengan nilai optimum kuat geser tanah berada pada persentase 2% bitumen dan 1% potongan serat ban (T99B1SB1) dengan nilai sebesar 0.995 kg/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa material stabilisasi yang digunakan pada penelitian dapat menjadi alternatif bahan campuran stabilisasi.

Kata Kunci : Stabilisasi, bitumen, potongan serat ban, triaxial unconsolidated undrained.

Abstract : Clay is a soil with fine particle size less than 0.002 mm, low permeability, cohesion, high swelling, and slow consolidation process. Due to that problem it needs some improvement to stabilize the condition of soil before the process of construction conducted. The purpose of this study is to determine the effect of adding shredded tire and cold mix bitumen as the value of shear strength changing are cohesion, friction angle, and shear strength with triaxial unconsolidated undrained test. To see the effect of those mixture, this study uses 48 soil samples with 4 variation of shredded tired (0%, 1%, 1,5%, and 2%) and 4 variation of cold mix bitumen (0%, 1%, 2%, dan 3%). The result of this study showed that the adding of shredded tired and cold mix bitumen in soil composition can increase parameters of soil. The optimum cohesion is on variation 1% SB+2% B (T99B2SB1) with the value 0.61 kg/cm². Meanwhile the optimum value of friction angle is on variation 1.5% SB+ 1% B (T98.5B1SB1.5) with the value 7.43o. The shear strength as the sum of cohesion and friction angle tends to increase with the optimum value about 0.995 kg/cm² in variation 2% bitumen and 1% shredded tire (T99B1SB1). From the study, the adding of shredded tired and cold mix bitumen improve the shear strength. The optimum value of shear strength is on variation 2% B+1% SB (T99B1SB1) with the value 0.995 kg/cm². This study shows that stabilization material used in this research can be an alternative material for soil stabilization.

Keyword : stabilization, bitumen, shredded tire, triaxial unconsolidated undrained.

PENDAHULUAN

Sebagai lapisan dasar perletakan konstruksi yang berfungsi menopang elemen utama dan pendukung struktural, kekuatan tanah menjadi pertimbangan mendasar. Jika pelaksanaan konstruksi dibangun di atas tanah bermasalah maka konstruksi akan mengalami kendala. Umumnya kendala geoteknik yang dihadapi berpotensi resiko sedang hingga tinggi seperti penurunan tanah bahkan kegagalan struktur. Jika kondisi tanah dasar tidak segera ditangani maka akan mempengaruhi kondisi kelayakan infrastruktur. Oleh karena itu, metode perbaikan tanah sebagai bagian aspek perencanaan konstruksi perlu diperhatikan. Metode perbaikan yang tepat akan memberikan kemudahan dalam pemetaan mitigasi resiko.

Stabilisasi tanah sebagai metode perbaikan telah terbukti dapat memperbaiki dan meningkatkan karakteristik tanah termasuk sifat fisis dan perilaku tanah [1], [2]. Pada prinsipnya, proses perbaikan tanah dengan stabilisasi dilakukan dengan menambahkan material aditif tertentu pada tanah dasar atau dipadatkan dengan peralatan mekanis. Penambahan material aditif dapat berupa material kimia ataupun bahan limbah olahan produksi. Salah satu limbah pabrik yang dapat diolah sebagai material campuran bahan konstruksi adalah limbah ban. Penggunaan limbah ban sebagai material konstruksi merupakan upaya pengelolaan lingkungan. Lingkungan yang telah terpapar oleh limbah ban berpotensi menjadi tempat berkembang biaknya hama dan serangga yang dapat menimbulkan masalah kesehatan. Apalagi peningkatan produksi limbah ban juga tidak dapat ditekan. Berdasarkan data yang dirilis oleh ETRMA (European Tyre and Rubber Manufacturers Association), volume limbah ban yang dihasilkan per tahun telah mencapai 1,5 miliar [3]. Peningkatan limbah ban diperkirakan akan terus meningkat seiring peningkatan jumlah kendaraan di seluruh dunia.

Karakteristik ban dengan massa ringan, kemampuan insulasi yang cukup diandalkan dalam penyerapan kalor, kemampuan menahan air yang tinggi, serta durabilitas dan kompresibilitas tinggi menjadikan limbah ban sebagai material alternatif. Limbah ban yang digunakan dapat terbuat dari bahan alami atau sintesis dalam bentuk serat (fiber) maupun lembaran [4]. Pemanfaatan limbah ban pada proyek konstruksi telah dikembangkan. Pada konstruksi jalan raya misalnya, serat karet dari limbah ban dimanfaatkan dalam campuran aspal sebagai lightweight filler [5] untuk meningkatkan kualitas jalan dan memperpanjang masa layan. Bahkan pada

konstruksi dinding penahan tanah, pemanfaatan potongan limbah ban juga dapat digunakan sebagai campuran bahan timbunan.

Saat ini, konsep sustainability dengan memanfaatkan material daur ulang dan ramah lingkungan kerap digunakan pada campuran stabilisasi. Selain limbah ban, material substitif yang sering digunakan pada pekerjaan stabilisasi jalan adalah bitumen cold mix. CMA (Cold Mix Asphalt) diyakini sebagai alternatif material stabilisasi yang ekonomis dan ramah lingkungan karena proses pencampuran agregat dilakukan tanpa proses pemanasan. Penggunaan CMA sebagai material stabilisasi umumnya diaplikasikan pada konstruksi jalan. Pada konstruksi jalan dengan perkerasan lentur, CMA dimanfaatkan sebagai lapis atas perkerasan. Meskipun aplikasinya masih terbatas pada konstruksi jalan pedesaan dengan volume kendaraan relatif rendah [6]. Namun, penelitian terbaru mengungkapkan potensi CMA dalam menahan arus beban lalu lintas yang relatif tinggi. Studi menunjukkan adanya peningkatan stabilitas dan durabilitas kualitas jalan dengan pencampuran aspal emulsi dengan jenis tanah pasir [7]. Hasil kajian ini diperkuat oleh studi eksperimental yang dilakukan oleh beberapa peneliti yang mengkaji bitumen sebagai material perkuatan stabilisasi [8], [9]. Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan bahwa penambahan bitumen pada tanah berbutir kasar meningkatkan kuat geser tanah dan mengurangi permeabilitas tanah.

Untuk mengkaji bagaimana performa kuat geser tanah jika kedua material dicampurkan pada jenis tanah lempung, maka dilakukan penelitian. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium untuk mengevaluasi kuat geser tanah pada proporsi campuran berbeda. Parameter kuat geser tanah diperoleh melalui pengujian triaxial pada sampel tanah campuran. Hasil kajian diharapkan menjadi dasar pertimbangan bagi stakeholder terkait dalam memanfaatkan limbah ban dan bitumen cold mix sebagai material konstruksi.

METODE

2.1. Persiapan Sampel dan Benda Uji

Metode yang diusulkan pada penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Pengambilan sampel tanah lempung dilakukan dengan teknik disturbed sampling menggunakan alat penggali konvensional. Sementara itu, material stabilisasi yang digunakan sebagai campuran stabilisasi merupakan potongan limbah ban yang sudah tidak

terpakai berukuran panjang 100 mm x 100 mm. Untuk menyeragamkan ukuran setelah dipotong, kemudian potongan serat ban disaring dengan ayakan No.10. Potongan serat ban yang lolos saringan No 10 akan digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi. Selain potongan limbah ban, bitumen cold mix berjenis emulsi juga ditambahkan dalam komposisi campuran stabilisasi. Adapun variasi komposisi campuran yang digunakan untuk membuat benda uji adalah masing – masing 0%, 1%, 1,5%, dan 2% untuk variasi serat ban dan 0%, 1%, 2%, dan 3% untuk variasi penambahan bitumen cold mix terhadap berat kering tanah.

2.2. Pengujian Laboratorium

Setelah sampel tanah dan material campuran disiapkan sesuai dengan kebutuhan, selanjutnya dilakukan pengujian laboratorium. Pengujian laboratorium meliputi soil properties dan soil mechanics untuk mengetahui karakteristik jenis tanah termasuk kuat geser tanah. Pada pengujian mechanics, pengujian Triaxial UU (Unconsolidated Undrained) dilakukan pada 48 sampel benda uji. Jumlah sampel tersebut terdiri dari 3 sampel untuk 16 variasi komposisi campuran yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi benda uji

Kode Benda Uji	Persentase Berat (%)			Jumlah Benda Uji
	Tanah Lempung (T)	Bitumen <i>Cold Mix</i> (B)	Serat Ban (SB)	
T100B0SB0	100	0	0	3
T100B1SB0	100	1	0	3
T100B2SB0	100	2	0	3
T100B3SB0	100	3	0	3
T99B0SB1	99	0	1	3
T99B1SB1	99	1	1	3
T99B2SB1	99	2	1	3
T99B3SB1	99	3	1	3
T98,5B0SB1,5	98,5	0	1,5	3
T98,5B1SB1,5	98,5	1	1,5	3
T98,5B2SB1,5	98,5	2	1,5	3
T98,5B3SB1,5	98,5	3	1,5	3
T98B0SB2	98	0	2	3
T98B1SB2	98	1	2	3
T98B2SB2	98	2	2	3
T98B3SB2	98	3	2	3
Total Benda Uji				48

2.3. Prosedur Pengujian

Dalam proses stabilisasi, tahapan awal yang dilakukan sebelum mencampur variasi dengan kadar tertentu adalah pengeringan tanah. Pengeringan tanah dilakukan dengan teknik dry air di bawah sinar matahari. Kemudian setelah kering, sampel tanah akan ditumbuk dan diayak dengan saringan No 4. Untuk mengkondisikan agar semua benda uji memiliki kadar air optimum yang sama saat pengujian triaxial, maka dilakukan pengujian Pemadatan Tanah Standar. Prosedur pengujian pemadatan mengacu pada standar ASTM D-698 2007 dan AASHTO Test Designation T-99 1982. Hasil uji pemadatan akan diplot ke dalam kurva hubungan kadar air dan berat volume kering untuk mencari nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.

Setelah sampel dikondisikan kadar airnya sesuai dengan kadar air optimum pemadatan, tanah

dicampur dengan potongan limbah ban dan bitumen sesuai variasi campuran yang telah direncanakan. Campuran tersebut kemudian disimpan dalam kantong dan didiamkan selama \pm 16 jam. Selanjutnya contoh tanah tersebut dipadatkan dan dicetak dalam tabung contoh triaxial.

Tanah yang telah dicetak akan dikeluarkan menggunakan stretcher dan diselubungi membran karet. Ketika sampel uji telah siap, maka pemasangan benda uji dalam sel triaxial termasuk proses penjuanan dan pencatatan data dapat dilakukan. Prosedur pengujian Triaxial UU pada penelitian mengacu pada standar ASTM D-2850-95.

Pada pengujian Triaxial UU, hasil pencatatan nilai tegangan – regangan pada sampel benda uji akan diolah dalam bentuk grafik dan lingkaran Mohr. Dari hasil pengujian tersebut akan diperoleh

parameter kuat geser yaitu kohesi, c dan sudut gesek dalam, θ untuk tiap variasi campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sifat Fisik Tanah Lempung

Dari hasil pengujian soil properties, sampel tanah yang digunakan pada penelitian termasuk dalam kategori CL (Clay) dan A – 7 – 6. Klasifikasi tersebut berdasarkan sistem USCS (Unified Soil Classification System) dan AASHTO (American and Transportation Officials Classification). Adapun rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat fisis tanah

Parameter	Notasi	Satuan	Hasil Pengujian
Kadar air	w	%	24,45
Batas cair	LL	%	46,80
Batas plastis	PL	%	23,88
Indeks Plastisitas	IP	%	22,92
Kadar air optimum	w_{opt}	%	26
Berat isi kering maksimum	γ_d	gr/cm ³	1,564
Berat jenis	G_s		2,64

3.2. Pengujian Triaxial Tanah Asli

Pada penelitian, pengujian triaxial pada tanah asli dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah sebelum stabilisasi. Dari hasil pengujian Triaxial UU, parameter kuat geser tanah divisualisasikan melalui lingkaran Mohr. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) tanah asli masing – masing sebesar 0.39 kg/cm² dan 1.83o. Menggunakan persamaan kuat geser tanah, maka nilai tahanan geser juga dapat dikalkulasi sebesar 0.4667 kg/cm². Hasil pengujian yang telah diperoleh menjadi acuan pembandingan perubahan nilai parameter kuat geser setelah distabilisasi.

3.3. Pengaruh Penambahan Potongan Ban dan Bitumen Cold Mix Terhadap Kohesi Tanah

Hasil pengujian antara kadar potongan ban dan bitumen terhadap perubahan nilai kohesi dan sudut gesek dapat dilihat pada Tabel 3.

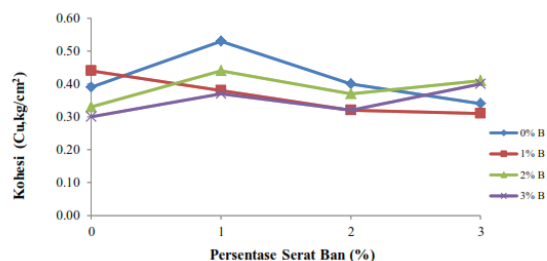
Tabel 3. Nilai kohesi dan sudut gesek terhadap komposisi campuran

Komposisi campuran	Kohesi	Sudut Gesek
T100B0SB0	0,39	1,83
T99B0SB1	0,56	2,88

T98,5B0SB1,5	0,58	6,07
T98B0SB2	0,59	7,13
T100B1SB0	0,42	2,83
T99B1SB1	0,26	7,17
T98,5B1SB1,5	0,36	7,43
T98B1SB2	0,43	2,52
T100B2SB0	0,42	4,38
T99B2SB1	0,61	4,19
T98,5B2SB1,5	0,41	4,72
T98B2SB2	0,46	4,82
T100B3SB0	0,25	4,91
T99B3SB1	0,41	5,38
T98,5B3SB1,5	0,46	2,78
T98B3SB2	0,37	1,61

Dari hasil pengujian Triaxial UU di atas, adanya penambahan material potongan limbah ban dan bitumen pada tanah menunjukkan kecenderungan pertambahan nilai kuat geser tanah. Komposisi campuran T99B2SB1 dengan 2% bitumen dan 1% potongan ban menunjukkan nilai kohesi tertinggi, yaitu 0,61 kg/cm² jika dibandingkan komposisi campuran lainnya. Sementara itu nilai kohesi terendah ditunjukkan pada persentase penambahan bitumen 3% dan 0% potongan ban (T100B3SB0) dengan nilai kohesi sebesar 0,25 kg/cm². Untuk mempermudah penarikan hubungan, maka hasil pengujian digambarkan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1.

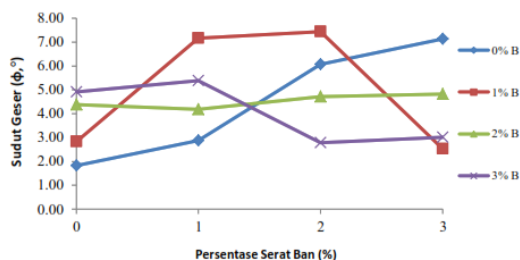
Penambahan potongan serat ban dan bitumen tidak selalu menunjukkan hubungan linear. Penambahan material bitumen hingga 3% dan potongan ban hingga 2% menyebabkan nilai kohesi tanah meningkat meskipun angka optimum berada pada 2% bitumen dan 1% potongan ban. Ketika material stabilisasi telah mencapai kadar komposisi optimum, maka penambahan material dengan kadar lebih tinggi cenderung menurunkan nilai kohesi. Hal ini disebabkan karena sifat campuran tanah dengan bitumen emulsi menjadi lebih cair. Semakin banyak bitumen maka dapat menyebabkan hilangnya kekuatan tanah akibat efek pelumasan partikel sehingga ikatan (interlocking) antara partikel menjadi terhambat.



Gambar 1. Grafik hubungan kadar serat ban dan bitumen terhadap nilai kohesi

3.4. Pengaruh Penambahan Potongan Ban dan Bitumen Cold Mix Terhadap Sudut Gesek Tanah

Pada nilai sudut gesek dalam, perubahan nilai untuk tiap komposisi campuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan kadar serat ban dan bitumen terhadap nilai sudut gesek

Untuk tanah tanpa penambahan bitumen cold mix, nilai sudut gesek tanah cenderung mengalami peningkatan akibat adanya penambahan potongan serat ban hingga 2% dari berat total tanah. Nilai sudut gesek terbesar akibat penambahan 2% serat ban adalah sebesar 7.13o dan nilai sudut gesek terkecil tanpa penambahan potongan serat ban adalah 1.83o. Sedangkan pada penambahan 1% bitumen cold mix, nilai sudut gesek tanah cenderung mengalami penurunan akibat adanya penambahan potongan serat ban. Kadar potongan ban optimum 1.5% ban menghasilkan sudut gesek sebesar 7.43o dan nilai sudut gesek terkecil terjadi pada penambahan 2% potongan serat ban dengan nilai sudut gesek sebesar 2.52o.

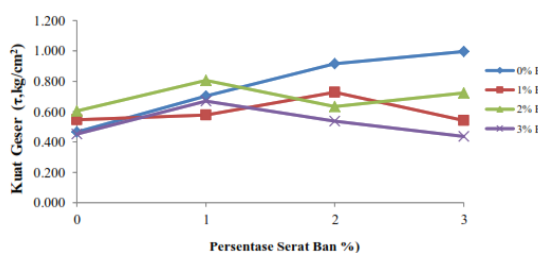
Lebih lanjut, pada penambahan 2% bitumen cold mix, nilai sudut gesek tanah paling besar berada pada penambahan potongan serat ban sebanyak 2% sebesar 4.82o. Sementara itu, nilai sudut gesek terkecil terjadi pada penambahan 1% potongan serat ban dengan nilai sebesar 4.19o. Selanjutnya, untuk penambahan 3% bitumen, nilai sudut gesek tanah paling besar berada pada komposisi campuran dengan penambahan potongan serat ban sebanyak 1%. Nilai sudut gesek yang diperoleh adalah 5,38o. Dengan komposisi 3% bitumen tersebut, penambahan potongan ban pada kadar lebih tinggi cenderung menurunkan nilai sudut gesek.

Dari hasil analisa, terlihat penambahan bitumen dan potongan ban ke dalam campuran tanah cenderung meningkatkan nilai sudut gesek. Nilai sudut gesek pun bervariasi untuk setiap komposisi campuran. Hal tersebut terjadi karena tanah dengan kadar bitumen tinggi mempunyai kepadatan kering maksimum akibat daya lekat yang baik antar partikel tanah. Kondisi ini tentu akan

meningkatkan nilai sudut gesek tanah. Namun, meskipun bitumen bersifat sebagai pelekat dalam campuran, jika ditambahkan potongan ban yang lebih tinggi justru menurunkan nilai sudut geseknya. Hal ini disebabkan ketika potongan serat ban dan bitumen ditambahkan terus menerus, maka kemungkinan antar serat untuk saling bersinggungan semakin besar. Kondisi ini akan mengurangi gesekan antar butiran.

3.5. Pengaruh Penambahan Potongan Ban dan Bitumen Cold Mix Terhadap Kuat Geser Tanah

Dari pengujian Triaxial Unconsolidated Undrained diperoleh parameter kuat geser tanah, yaitu nilai kohesi dan nilai sudut gesek sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kuat geser tanah. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai kuat geser tanah mengalami perubahan akibat penambahan potongan ban dan bitumen pada persentase kadar campuran yang berbeda seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan kuat geser terhadap persentase bitumen dan potongan serat ban

Pada Gambar 3, dapat diamati bahwa terjadi perubahan nilai kuat geser tanah sebelum dan setelah ditambahkan material stabilisasi berupa bitumen dan potongan serat ban. Peningkatan kuat geser tertinggi berada pada persentase pemberian bitumen 2% dan serat ban 1%. Nilai kuat geser cenderung mengalami penurunan pada variasi campuran yang lebih tinggi, yaitu bitumen 3% dan serat ban 1,5% hingga 2%. Hal ini disebabkan penambahan serat ban pada kadar lebih tinggi akan memperbesar porositas pada tanah sehingga lekatan antar butiran tanah berada pada derajat penguncian rendah. Meskipun penambahan aspal pada campuran dapat meningkatkan kerapatan tanah melalui mekanisme pengisian rongga pori. Namun, ketika dua material stabilisasi ditambahkan maka komposisi campuran optimum sulit ditentukan.

Pada penelitian, asumsi peningkatan kuat geser terhadap penambahan material stabilisasi dipengaruhi oleh angka pori. Pori tanah yang terisi oleh potongan serat ban yang cenderung seragam pada kadar tinggi dan pelekatan antar butiran

dengan persentase bitumen yang tinggi justru memperbesar angka pori. Semakin besar angka pori maka kerapatan relatif akan semakin kecil sehingga kuat geser tanah rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan bitumen cold mix dan potongan serat ban dapat digunakan sebagai alternatif bahan stabilisasi.

Penambahan bitumen dan potongan serat ban dalam komposisi campuran tanah memberikan pengaruh berupa kenaikan parameter kuat geser tanah, baik pada nilai kohesi (C_u) maupun sudut gesek dalam (ϕ). Nilai kohesi tanah maksimum (C_u) terjadi pada persentase 1% penambahan potongan serat ban dan 2% bitumen (T99B2SB1) dengan nilai kohesi (C_u) sebesar 0.61 kg/cm². Nilai sudut gesek maksimum (ϕ) terjadi pada penambahan 1.5% potongan serat ban dan 1% bitumen (T98.5B1SB1.5) dengan nilai sebesar 7.43o. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa penambahan bitumen dan potongan serat ban dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah (τ). Nilai optimum kuat geser tanah (τ) berada pada persentase bitumen 2% dan serat ban 1%.

Penelitian lanjutan pada komposisi campuran yang bervariasi perlu dilakukan untuk menentukan kondisi optimum sehingga diperoleh nilai kuat geser yang tinggi. Untuk penelitian lanjut disarankan menggunakan persentase penambahan bitumen dan potongan serat ban dengan rentang interval yang lebih kecil, yaitu 0,25% - 0,5%. Interval yang lebih kecil dimaksudkan untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih akurat. Selain itu pola potongan serat ban juga dapat divariasikan dalam penelitian selanjutnya dengan bentuk cacahan tak beraturan atau serbuk karet.

REFERENSI

- [1] I. A. Nomleni, R. H. Dananjaya and Y. M. Purwana, "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Variasi Penambahan Potongan Limbah Ban, Semen dan Faktor Air Semen Ditinjau dari Pengujian Kuat Tekan Tak Terkekang Yang Dianalisis Dengan Analisis Sensitivitas," e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, pp. 151-158, 2019.
- [2] H. Afrin, "A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques," International Journal of Transportation Engineering and Technology, pp. 19-24, 2017.
- [3] ETRMA, "End of life tyres: A valuable resource with growing," Brussels, 2011 edition.

- [4] Martini, I. Fadliah and B. Biru, "Kajian Perilaku Kuat Geser Tanah Terhadap Penambahan Serat Karung," Rekonstruksi Tadulako, vol. Vol 4(1), no. Maret , pp. 9-15, 2023.
 - [5] M. Sakr and A. Basha, "Uses of Waste Tires in Geotechnical Application - A Review," in International Conference on Advances in Structural and Geotechnical Engineering, Hurghada, Egypt, 2019.
 - [6] S. Jain and B. Singh, "Cold Mix Asphalt: An Overview," Journal of Cleaner Production, 2020.
 - [7] P. R. Jain and T. Namdeo, "Stabilization of Sandy Soil With Use of Bitumen Emulsion," International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) , vol. 05, no. Issue 04, pp. 2997-3003, 2018.
 - [8] V. Kumar and R. Bansai, "An Experimental Study on the Behaviour of a Sandy Soil by using Cutback Bitumen," International Journal of Multidisciplinary and Current Research , vol. Vol 5, no. Sep/Oct 2017 , pp. 1134-1137, 2017.
 - [9] O. M. Ogundipe, "Strength And Compaction Characteristics Of Bitumen - Stabilized Granular Soil," International Journal of Scientific & Technology Research, vol. Volume 3, no. Issue 9 September 2014, pp. 218 - 221, 2014.
 - [10] S. Bano and D. S. A. Ahmad, "Application of Waste Tyre in Highway Pavement:," Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, vol. Volume 5, no. Issue 8, pp. 556-552, October - December 2018.
 - [11] P. Bosscher, T. Edil and E. N, "Construction and Performance of Shredded Waste Tire Test Embankment," Journal of Transportation Research Record, pp. 44-52, 1993.
- Akibat Pandemi COVID-19, Realisasi Program Sejuta Rumah TA 2021 Capai 1.105.707 Unit," pu.go.id, 2022. <https://pu.go.id/berita/dukung-pemulihan-ekonomi-akibat-pandemi-covid-19-realisisi-program-sejuta-rumah-ta-2021-capai-1105707-unit> (accessed May 30, 2022).
- [7] Peraturan Pemerintah RI, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 64 Tahun 2016 tentang Pembangunan Perumahan Masyarakat Berpenghasilan Rendah." pp. 1–20, 2016.
 - [8] Portal Tata Ruang, "Mengenal Rencana Detail Tata Ruang (RDTR)," 2021. <http://www.tataruang.id/2021/07/31/mengenal-rencana-detail-tata-ruang-rdtr/>.
 - [9] Peraturan Pemerintah RI, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan Dan Kawasan Permukiman." 2011.
 - [10] W. P. Sancoko, "Faktor-faktor Penyebab Tingkat Keberhasilan Pengembang Hunian Di

Kabupaten Malang,” Institut Teknologi Nasional, 2014.

[11] A. Salain, Dharmayanti, “Analisis Risiko Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Hotel Di Bali,” *J. Spektran*, vol. 7, no. 2, pp. 212–221, 2019.

[12] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2013.

[13] PPDP, “Daftar Perumahan Di Kabupaten Padang Pariaman,” 2021. <https://sikumbang.ppdpp.id>.