Buletin Profesi Insinyur 6(1) (2023) 038–044
http://dx.doi.org/10.20527/bpi.6.1.163

ISSN 2654-5926

Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Laterit yang Distabilisasi Menggunakan Beberapa Jenis Pasir Kalimantan

Irwandy Muzaidi[1] Muhammad Fitriansyah[1] Elia Anggarini[1] Dyah Pradhitya Hardiani[1]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

✉ irwann.muzaidi@gmail.com

Tanah laterit banyak di temukan di daerah Kalimantan Selatan. Namun tanah tersebut memiliki daya dukung yang rendah sehingga kurang cocok digunakan sebagai bahan timbunan. Salah satu cara perkuatan tanah yang dapat dilaksanakan yaitu dengan cara mensolidifikasikan tanah menggunakan pasir. Perlu dilakukan penelitian tentang karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah laterit sebelum dan sesudah distabilisasi menggunakan beberapa jenis pasir kalimantan. Sampel tanah yang diuji pada penelitian ini adalah jenis tanah laterit dengan plastisitas tinggi yang diambil dari Gunung Raja, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Sedangkan pasir digunakan pasir Sungai Barito, pasir Palangka dan pasir Liang Anggang. Tanah dan pasir dicampur dengan mempertimbangkan masa peram 3 dan 7 hari. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian *uniaxial compressive strength* dan *vane shear*. Berdasarkan pengujian *uniaxial compressive strength* waktu pemeraman 7 hari menunjukkan peningkatan nilai q_u yang signifikan di setiap variasi campuran, terutama tanah asli + 10% pasir Palangka dengan nilai q_u terbesar yaitu 0,512 kg/cm². Sedangkan, hasil pengujian *vane shear* memperlihatkan penurunan nilai s_u dengan bertambahnya masa peram. Sampel tanah asli + 10% pasir sungai barito waktu pemeraman 3 hari menunjukkan nilai s_u paling tinggi yaitu 118 kPa.

Kata kunci: tanah laterit, pasir Kalimantan, uji u*niaxial compressive strength*, uji v*ane shear*

Diajukan: 25 Oktober 2022
Direvisi: 4 November 2022
Diterima: 24 Januari 2023
Dipublikasikan online: 25 Januari 2023

Pendahuluan

Pada setiap pekerjaan konstruksi, hal penting yang perlu diperhatikan pertama kali adalah kondisi tanahnya (Andrean A. dkk., 2016). Tanah sebagai bagian dasar dari konstruksi di atasnya menerima beban vertikal maupun horizontal yang disalurkan oleh pondasi ataupun bagian konstruksi di atasnya.

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air atau udara (Hardiyatmo , 2012). Tanah memiliki berbagai macam kegunaan, antara lain sebagai dasar perkerasan jalan dan pembuatan tanggul, sehingga dalam memanfaatkannya sebagai dasar mendirikan konstruksi harus mempertimbangkan keadaan tanah yang akan digunakan. Tanah juga merupakan bagian terpenting dalam suatu konstruksi seperti bangunan, jalan, dan beban lalu lintas karena tanah mempunyai fungsi sebagai penyangga konstruksi atau dengan kata lain pada tanah inilah suatu konstruksi bertumpu.

Tanah laterit atau tanah merah merupakan tanah yang mempunyai warna merah hingga warna kecoklatan yang terbentuk pada lingkungan yang lembab, dingin, dan juga karena genangan-genangan air. Tanah laterit di Kalimantan Selatan banyak dijumpai di daerah pegunungan. Daerah tersebut sering mengalami intensitas curah hujan yang tinggi, sehingga terbentuklah tanah laterit atau tanah merah. Ketika musim hujan Tanah laterit menjadi lebih berlumpur dan memiliki daya lengket yang kuat.

Menurut klasifikasi tanah USDA (*United States Departement of Agriculture*), tanah laterit yang terbentuk di daerah tropis atau sub tropis dan mempunyai tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan ultrabasa yang didominasi oleh kandungan logam besi. Tanah ini mengandung mineral-mineral lempung yang relatif tinggi utamanya *illite* dan *montmorillonite*, sehingga potensi kerusakannya relatif besar. Hal inilah yang menyebabkan dilakukan stabilisasi untuk jenis tanah seperti ini karena untuk keperluan *subgrade* pun tanah ini tidak memenuhi syarat. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menstabilisasi dengan menggunakan pasir.

Tanah laterit disolidifikasi menggunakan beberapa jenis pasir kalimantan selama ini belum pernah dituangkan dalam sebuah penelitian. Namun sudah pernah ada pengaplikasian di lapangan untuk bahan perbaikan daya dukung tanah/stabilisasi pada tanah laterit. Keluaran dari penelitian ini akan memberikan manfaat informasi dan pengetahuan tentang pemanfaatan terutama pasir di Kalimantan seperti pasir Barito, pasir Palangka dan pasir Liang Anggang

Cara mensitasi artikel ini:
Muzaidi, I., Fitriansyah, M., Anggarini, E., Hardiani, D.P., (2023) Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Laterit yang di Stabilisasi Menggunakan Beberapa Jenis Pasir Kalimantan. *Buletin Profesi Insinyur* 6(1) 038-044

This is an open access article under the CC BY-NC-SA license

 ISSN 2654-5926

yang dimanfaatkan menjadi bahan untuk perbaikan daya dukung tanah tanah laterit.

Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh beberapa penulis seperti Syahdi & Suhaimi (2019), dilaporkan bahwa bahan stabilisasi menggunakan berbagai campuran terutama pasir memiliki efek dan pengaruh perubahan yang cukup baik. Menurut Hafizh dkk. (2017) yang membahas tentang pengaruh gradasi lempung berpasir terhadap kuat tekan bebasnya dan nilai CBR>6%, diketahui bahwa bahan stabilisasi menggunakan berbagai campuran terutama pasir memiliki efek dan pengaruh perubahan yang cukup baik.

Siska & Yakin (2016) melakukan penelitian yang berjudul "Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lunak di Gedebage" dapat diketahui bahwa berdasarkan grafik hubungan batas cair dan indeks plastisitas, maka tanah ini tergolong tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi dan tanah lanau tak organik. Indeks properties tanah lunak Gedebage terdiri atas kadar air (105,4% - 315,5%), angka pori (1,23 - 7,26) dan berat jenis (2,1 - 2,67). Adapun parameter kuat gesernya meliputi c_u (0,01 - 0,25 kg/cm^2) dan $Ø_u$ (0,2° - 5,5°)

Pada penelitian lainnya, Lekhsmana (2015) melakukan penelitian "Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu Kapur dan Styrofoam", dimana sudut geser dalam mengalami peningkatan untuk komposisi styrofoam 0,5%, 1%, sedangkan dari komposisi campuran tanah dengan abu ampas tebu, kapur, dan styrofoam diperoleh nilai maksimum pada variasi komposisi styrofoam sebesar 1% yakni 13,620.

Selain itu, Setiawan et al., (2020) melakukan penelitian "Perilaku Tanah Laterit - Geotekstil (Studi Tanah Laterit, Kab. Tanah Laut)" yang berisi tentang gaya kontak antarmuka dari tanah laterit-geotekstil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimen skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan kondisi sampel tanah tidak terendam air (tidak jenuh). Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui bahwa tanah tergolong tanah lempung tinggi dengan plastisitas tinggi, menurut USCS adalah MH atau OH, sedangkan menurut AASHTO tergolong tanah A-7-5.

Berdasarkan latar belakang temuan di atas maka dilakukan percobaan dengan membandingkan solidifikasi tanah laterit dari Kabupaten Tanah Laut dengan beberapa jenis pasir Kalimantan dilihat dari sifat fisis dan mekanis tanah. Setelah dilakukan penelitian nantinya akan diketahui karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah laterit yang sudah distabilisasi menggunakan campuran pasir agar menjadi pondasi pendukung sebuah konstruksi seperti bangunan jalan raya. Ini mempertimbangkan tanah laterit tersebut hanya dapat digunakan sebagai bahan timbuan dasar. Tanah laterit yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Gunung Raja tepatnya di Jl. Tambak Sarinah, Kayu Abang, Tambang Ulang, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan dan pasir yang digunakan diperoleh dari daerah Sungai Barito, Palangka dan Liang Anggang. Pada penelitian ini tanah laterit yang telah distabilisasi dengan pasir tersebut diperam selama 3 hari dan 7 hari sehingga didapatkan nilai kekuatan tekan bebas (tanpa ada tekanan horizontal dari samping) dan nilai *vane shear*.

Metode

Metode penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan lapangan, pekerjaan laboratorium, dan analisis hasil penelitian. Kegiatan persiapan meliputi pengumpulan bahan-bahan studi literatur, mempersiapkan bahan berupa tanah dan pasir, serta persiapan alat- alat yang dipakai. Pekerjaan lapangan adalah pengambilan sampel tanah di lokasi berupa sampel tanah terganggu. Selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium, yaitu pengujian sifat fisis dan mekanis tanah yang sudah distabilisasi. Data hasil pengujian laboratorium kemudian dianalisis sehingga diperoleh beberapa kesimpulan. Pada penelitian ini dilaksanakan dua variasi percobaan, yaitu pemeraman dengan waktu 3 dan 7 hari.

Setelah sampel tanah didapatkan, maka selanjutnya dilakukan pemeriksaan dan pengujian di laboratorium. Pemeriksaan dan pengujian ini bertujuan untuk memeriksa sifat fisik dan sifat mekanis tanah.

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel uji yang dilakukan pada percobaan ini berada di daerah Gunung Raja tepatnya di Jl. Tambak Sarinah, Kayu Abang, Tambang Ulang, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan berjarak ±50 km dari Kota Banjarmasin (Gambar 1).

Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel (*https://goo.gl/maps/XsbHBAPNigkUjZ2j8*)

Persiapan Benda Uji

Persiapan benda uji pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu, benda uji yang diperam dengan waktu 3 hari dan benda uji yang diperam dengan waktu 7 hari. Berat pasir (%) pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu, 250g atau 5% dan 500g atau 10% dari berat sampel tanah asli (tanah laterit) yang dicampur yaitu, 5000g. Berikut komposisi campuran yang akan digunakan pada pembuatan benda uji (Tabel 1–3).

Buletin Profesi Insinyur 6(1) (2023) 038–044
http://dx.doi.org/10.20527/bpi.6.1.163 ISSN 2654-5926

Tabel 1. Komposisi Campuran Benda Uji

No.	Variasi	Waktu Peram	Sampel
1.	Tanah asli + 5% pasir sungai Barito	3 Hari	3
2.	Tanah asli + 5% pasir sungai Barito	7 Hari	3
3.	Tanah asli + 10% pasir sungai Barito	3 Hari	3
4.	Tanah asli + 10% pasir sungai Barito	7 Hari	3
5.	Tanah asli + 5% pasir Palangka	3 Hari	3
6.	Tanah asli + 5% pasir Palangka	7 Hari	3
7.	Tanah asli + 10% pasir Palangka	3 Hari	3
8.	Tanah asli + 10% pasir Palangka	7 Hari	3
9.	Tanah asli + 5% pasir Liang Anggang	3 Hari	3
10.	Tanah asli + 5% pasir Liang Anggang	7 Hari	3
11.	Tanah asli + 10% pasir Liang Anggang	3 Hari	3
12.	Tanah asli + 10% pasir Liang Anggang	7 Hari	3

Tabel 2. Pembuatan Campuran Tanah Asli dengan Pasir Pemeraman 3 Hari

No.	Tanah Asli Berat		Pasir Berat		Berat Total Campuran (g)	Peram
	(%)	(g)	(%)	(g)		
1.	95	4750	5	250	5000	3 Hari
2.	90	4500	10	500	5000	

Tabel 3. Pembuatan Campuran Tanah Asli dengan Pasir Pemeraman 7 Hari

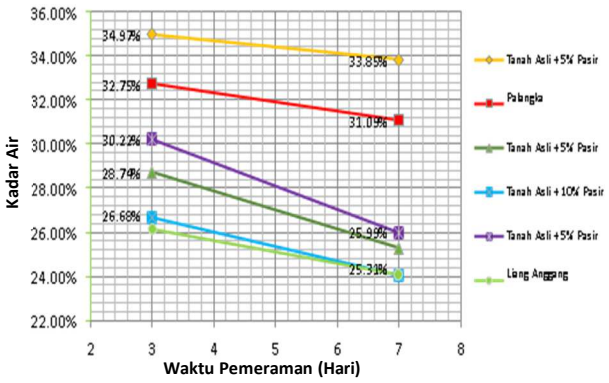
No.	Tanah Asli Berat		Pasir Berat		Berat Total Campuran (g)	Peram
	(%)	(g)	(%)	(g)		
1.	95	4750	5	250	5000	7 Hari
2.	90	4500	10	500	5000	

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air untuk stabilisasi tanah laterit dengan beberapa jenis pasir di Kalimatan dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2, didapatkan berbagai nilai-nilai kadar air tanah laterit yang ditambahkan beberapa jenis pasir kalimantan, antara lain:

a. Didapat nilai kadar air tertinggi yaitu tanah asli + 5% pasir palangka (peram 3 hari) yaitu 34,97%.
b. Didapat nilai kadar air terendah yaitu tanah asli + 10% pasir sungai barito (peram 7 hari) yaitu 24,06%.



Gambar 2 Grafik Hubungan Waktu Pemeraman dan Nilai Kadar Air Tanah Asli + Beberapa Jenis Pasir Kalimantan

Pengujian Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis untuk stabilisasi tanah laterit dengan beberapa jenis pasir di Kalimatan dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 didapatkan berbagai nilai-nilai berat jenis tanah asli yang ditambahkan beberapa jenis pasir kalimantan, antara lain:

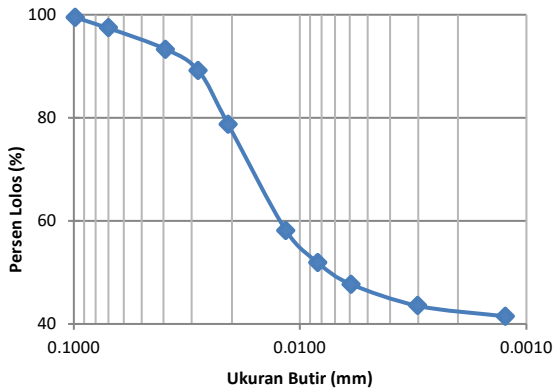
a. Didapat nilai berat jenis tertinggi yaitu tanah asli dan 10% pasir palangka (peram 7 hari) yaitu 2,57
b. Didapat nilai berat jenis terendah yaitu tanah asli dan 5% pasir sungai barito (peram 3 hari) yaitu 2,50 dan tanah asli + 5% pasir liang anggang (peram 3 hari) yaitu 2,50.
c. Pada grafik hubungan waktu pemeraman dan nilai berat jenis tanah asli dengan beberapa jenis pasir Kalimantan dapat diketahui bahwa semakin lama pemeraman tanah laterit dicampur pasir maka akan semakin meningkatkan nilai dari berat jenis tanah campuran tersebut

Gambar 3 Grafik Hubungan Waktu Pemeraman dan Nilai Berat Jenis Tanah Asli + Beberapa Jenis Pasir Kalimantan

Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer

Hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer untuk tanah laterit yang lolos saringan no. 200 terlihat pada Gambar 4.

 ISSN 2654-5926



Gambar 4 Grafik Hubungan Ukuran Butir dan Persen Lolos Tanah Asli

Berdasarkan Gambar 4 dapat ditentukan nilai persentase butiran tanah laterit menggunakan standar *American of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) sebagai berikut:

a. Diameter butiran 0,0969 mm di dapat pada waktu 0,15 menit adalah 51,16% yang tergolong *well-graded* merupakan tanah lempung.
b. Diameter butiran 0,0011 mm di dapat pada waktu 1440 menit adalah 25,58% yang tergolong *well-graded* merupakan tanah lempung.

Pengujian Batas-Batas Atterberg

Hasil pengujian batas-batas Atterberg untuk stabilisasi tanah laterit dengan beberapa jenis pasir di Kalimatan dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Campuran Tanah Asli dan Pasir dengan waktu Pemeraman 3 Hari

Variasi campuran	Waktu pemeraman 3 hari			
	L_L	P_L	S_L	PI
Tanah Asli + 5% Pasir Liang Anggang	82,50%	53,63%	31,21%	28,87%
Tanah Asli + 10% Pasir Liang Anggang	81,50%	56,26%	20,37%	25,24%

Berdasarkan Tabel 4 dan 5, didapatkan beberapa nilai batas cair, nilai batas plastis, nilai batas susut dan indeks plastisitas tanah asli + pasir sungai barito 5% dan 10% (peram 3 dan 7 hari), antara lain:

a. Pada tanah asli + pasir sungai barito 5% (peram 3 hari) didapat nilai batas cair 92,10%, nilai batas plastis 60,71%, nilai batas susut 27,95% dan indeks plastisitas 31,39%
b. Pada tanah asli + pasir sungai barito 5% (peram 7 hari) didapat nilai batas cair 62,45%, nilai batas plastis 38,48%, nilai batas susut 10,05% dan indeks plastisitas 23,97%
c. Pada tanah asli + pasir sungai barito 10% (peram 3 hari) didapat nilai batas cair 63,70%, nilai batas plastis 52,17%, nilai batas susut 19,04% dan indeks plastisitas 11,53%
d. Pada tanah asli + pasir sungai barito 10% (peram 7 hari) didapat nilai batas cair 42,78%, nilai batas plastis 31,62%, nilai batas susut 23,40% dan indeks plastisitas 11,16%

Tabel 5. Pembuatan Campuran Tanah Asli dan Pasir dengan Waktu Pemeraman 7 Hari

Variasi campuran	Waktu pemeraman 7 hari			
	L_L	P_L	S_L	PI
Tanah Asli + 5% Pasir Liang Anggang	57,6%	28,67%	22,19%	28,93%
Tanah Asli + 10% Pasir Liang Anggang	56,80%	37,55%	10,05%	19,25%

Klasifikasi Tanah Asli

a. The Unified Soil Classification System (USCS)
Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, didapatkan bahwa lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 yaitu 51,16% yang berarti tanah termasuk tanah berbutir halus. Kemudian nilai batas cair sebesar 67,5% dan indeks plastisitas 19,76% pada pengujian batas-batas Atterberg. Dengan menghubungkan nilai batas cair dengan indeks plastisitas pada diagram plastisitas, didapatkan tipe tanah termasuk golongan CH (*Clay with High Plasticity*) yang berarti tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.
b. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
Dari hasil pengujian analisa saringan dan batas-batas Atterberg diperoleh data tanah dengan nilai lebih dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu sebesar 51,16% dengan nilai batas cair sebesar 67,5% dan indeks plastisitas sebesar 19,76%. Untuk penentuan tipe tanah dapat ditentukan dengan meninjau data yang diperoleh maka tanah termasuk A-7. Adapun A-7 terbagi menjadi dua, yaitu A-7-5 dan A-7-6. Dengan nilai PI (19,76) > LL – 30 (67,5%), maka tanah termasuk ke dalam golongan A-7-5, yang berarti tanah termasuk tanah lempung dengan plastisitas dan perubahan volume yang tinggi.

Pengujian *Uniaxial Compressive Strength*

Gambar 5 memperlihatkan hasil *uniaxial compressive strength* material campuran tanah laterit dengan pasir. Pada Gambar 5, didapatkan nilai-nilai tegangan

 ISSN 2654-5926

kompresi tanah asli yang dicampurkan dengan beberapa jenis pasir kalimantan, antara lain:

a. Didapat nilai kuat tekan tertinggi yaitu tanah asli + 10% pasir palangka (peram 7 hari) yaitu 0,512 kg/cm^2.
b. Didapat nilai kuat tekan terendah yaitu tanah asli + 5% pasir Liang Anggang (peram 3 hari) yaitu 0,179 kg/cm^2.
c. Dengan penambahan 10% pasir palangka (peram 7 hari) terhadap tanah asli maka didapatkan hasil yang cukup baik, hal itu disebabkan karena 10% pasir Palangka (peram 7 hari) memiliki nilai kadar air yang cukup tinggi dibanding variasi campuran yang lain sehingga nilai *uniaxial compressive strength* yang didapatkan cukup signifikan (Gambar 5).

Gambar 5 Grafik Hubungan Waktu Pemeraman dan Nilai Kuat Tekan Tanah Asli dan Beberapa Jenis Pasir Kalimantan

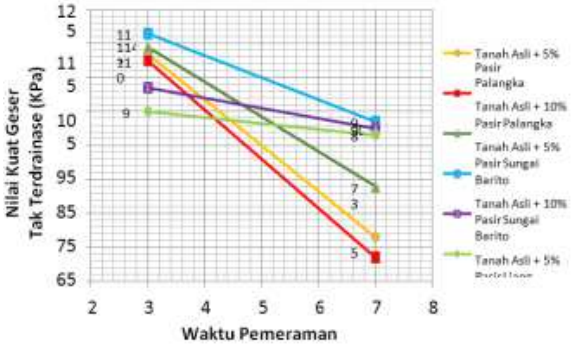
Berdasarkan dari nilai UCS tanah laterit yang ditambahkan beberapa jenis pasir Kalimantan dapat diketahui hanya terjadi peningkatan nilai q_u saja. Sehingga penggunaannya hanya memenuhi kebutuhan lapisan subgrade. Sedangkan penggunaan lapisan base dan subbase tidak terpenuhi UCS ≤ 10 kg/cm^2.

Pengujian *Vane Shear*

Hasil pengujian *vane shear* di laboratorium terlihat pada Gambar 6. Uji *vane shear* yang dilakukan menyesuaikan dengan kondisi benda uji dimana benda uji disiapkan di laboratorium sehingga *vane shear* yang digunakan adalah *vane shear* laboratorium.

Pada Gambar 6, didapatkan nilai-nilai kuat geser dari *vane shear* (s_u) tanah laterit yang dicampur beberapa jenis pasir kalimantan, sedangkan kadar air yang digunakan di dalam setiap komposisi berdasarkan pada Gambar 2.

a. Didapat nilai s_u tertinggi yaitu tanah asli + 10% pasir sungai barito (peram 3 hari) yaitu 118 kPa.
b. Didapat nilai s_u terendah yaitu tanah asli + 10% pasir Palangka (peram 7 hari) yaitu 52 kPa.
c. Dengan penambahan pasir sungai barito (peram 3 hari) terhadap tanah asli maka didapatkan hasil yang cukup baik, hal itu dibuktikan pada sampel campuran tanah asli + pasir sungai barito (peram 3 hari) yang memiliki nilai kadar air paling rendah sekaligus lebih baik dalam proses solidifikasi partikel tanah terhadap pasir variasi campuran tersebut dibanding variasi campuran yang lain. Hal ini disebabkan karena tanah laterit sudah mengikat partikel pasir variasi campuran tersebut dengan baik sehingga nilai s_u pada variasi campuran tersebut yang didapatkan kenaikan cukup signifikan.



Gambar 6 Grafik Hubungan Waktu Pemeraman dan *Vane Shear* Tanah Asli dan Beberapa Jenis Pasir Kalimantan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan tanah campuran optimal yaitu variasi tanah laterit dengan 10% pasir Sungai Barito. Tanah campuran dikategorikan kedalam golongan *clay with high plasticity* (CH) atau tanah lempung dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan AASHTO, tanah campuran termasuk ke dalam golongan A-7-5. Nilai q_u terbesar didapat untuk campuran tanah laterit dengan 10% pasir Palangka (peram 7 hari) yaitu 0,512 kg/cm^2. Sedangkan, nilai q_u terendah adalah tanah laterit ditambah 5% pasir Liang Anggang dengan masa peram 3 hari yaitu 0,179 kg/cm^2. Sedangkan nilai s_u (*vane shear*) tertinggi yaitu tanah laterit dengan 10% pasir sungai Barito (peram 3 hari) yaitu 118 kPa. Dan, nilai s_u terendah yaitu tanah laterit dengan 10% pasir Palangka (peram 7 hari) sebesar 52 kPa.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Banjarmasin yang telah memberikan dukungan dana dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

Andrean A., P., Iswan, & Jafri, M. (2016) Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Kapur pada Kondisi Rendaman. JRSDD Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2, 4, 237 - 255.

Al Hafizh, M. S., Wibisono, G., & Nugroho, S. A. (2017) Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Bermacam Gradasi Dan Campuran Kapur. Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2 Oktober 2017, 1 - 9.

ISSN 2654-5926

Hardiyatmo, H. C. (2012) Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lekhsmana, D. A. (2015) Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu Kapur Dan Styrofoam. Yogyakarta: Program Studi Teknik SIpil Universitas AtmJaya Yogyakarta.

Setiawan, I., Muzaidi, I., & FItriansyah, M. (2019) Laterite Soil Behavior - Geotextile (Study of Laterite Soil, Tanah Laut District). 2019 3rd International Conference on Engineering and Applied Technology (ICEAT), 1 - 5.

Siska, H. N., & Yakin, Y. A. (2016) Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lunak di Gedebage. Reka Racana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 44 - 55.

Syahdi, & Suhaimi, M. (2019) Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Pasir Putih Untuk Stabilisasi Tanah Desa Bangkuang. JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL, 1 - 7.