

## Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Sifat Pemadatan dan Kuat Geser Pasir Bergradasi Buruk

Marlinda\*<sup>1</sup>, Nurly Gofar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Bina Darma,  
Jalan A. Yani No 3, Palembang 30111  
e-mail: nurly\_gofar@binadarma.ac.id, laiqa\_ye@yahoo.co.id

Received 04 September 2022; Reviewed 21 November 2022; Accepted 28 April 2023  
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>  
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2919>

### Abstract

Poorly graded fine sand is known to be susceptible to instability, collapse and liquefaction. Therefore, improvement is required to enhance the compaction properties of the soil. This study focused on the improvement of the compaction properties and the shear strength of the poorly graded sand. The sand is mixed with 30% to 55% high plasticity clay and tested for its compaction characteristics and shear strength using standard Proctor and unconfined compression apparatuses. The results show that addition of 30% clay changed the behavior of the cohesionless poorly graded sand indicated by liquid limit of 48.08% and plasticity index of (IP) = 11.29%. The plasticity of the soil increases with the addition of clay up to 55%. Standard Proctor tests conducted on the soil mixture indicated the decrease of maximum dry unit weight (MDD) and increase of optimum water content with addition of clay. However, the results of unconfined compressive strength test show an increase of undrained cohesion with increasing percentage of clay in the mixture.

**Keywords:** Poorly graded sand, Plasticity. Compaction properties, undrained cohesion.

### Abstrak

Pasir halus bergradasi buruk diketahui rentan terhadap ketidakstabilan, keruntuhan dan likuifaksi. Oleh karena itu, perbaikan diperlukan untuk meningkatkan sifat pemadatan tanah. Studi ini berfokus pada peningkatan sifat pemadatan dan oleh karena itu kekuatan geser pasir bergradasi buruk. Pasir dicampur dengan lempung plastisitas tinggi 30% hingga 55% dan diuji karakteristik pemadatan dan kekuatan gesernya menggunakan Proctor standar dan peralatan tekan bebas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lempung 30% mengubah perilaku pasir gradasi buruk tak kohesi yang ditunjukkan dengan batas cair 48,08% dan indeks plastisitas (IP) = 11,29%. Plastisitas tanah meningkat dengan penambahan lempung hingga 55%. Uji Standard Proctor yang dilakukan pada campuran tanah menunjukkan penurunan berat isi kering maksimum (MDD) dan peningkatan kadar air optimum dengan penambahan lempung. Namun, hasil uji kuat tekan bebas menunjukkan peningkatan kohesi tak terdrainase dengan meningkatnya persentase lempung dalam campuran.

**Kata Kunci:** Pasir bergradasi buruk, plastisitas, sifat pemadatan, kuat tekan bebas.

## 1. Pendahuluan

Dalam ilmu Teknik sipil, tanah dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu tanah butir kasar yang diwakili oleh kerikil serta pasir dan tanah butir halus yang diwakili oleh lanau serta lempung. Lempung (*clay*) merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0.002 mm dan mengandung mineral lempung yang merupakan sumber utama dari lekatan antara butir-butirnya. Sumber utama kekuatan geser lempung adalah kohesi yaitu lekatan antar butiran tanah yang besarnya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis mineral pembentuknya. Sifat tanah lempung juga dipengaruhi oleh air. Untuk tanah lempung yang jenuh air kekuatannya hanya tergantung dari nilai kohesi. Tanah butir kasar dan lanau bersifat nonkohesif dan nonplastis sehingga kekuatannya tergantung pada kepadatan dan sudut geser antar partikel (Tarjudin & Gofar, 2022). Pasir yang memiliki distribusi ukuran partikel yang baik (*well graded*) dan cukup padat (*dense*) memiliki sudut geser dalam yang cukup tinggi. Sebaliknya pasir yang memiliki ukuran butiran yang seragam (*uniformly graded*) dan longgar (*loose*) memiliki kekuatan yang rendah dan rentan terhadap keruntuhan, kolaps (*collapse compression*) dan likuifaksi (*liquefaction*).

Beberapa masalah dihadapi berkaitan dengan tanah pasir antara lain pengeboran tiang yang memerlukan casing karena lapisan pasir cenderung untuk runtuh pada saat pengeboran. Permasalahan lainnya adalah tanah kolaps atau terjadinya penurunan yang besar pada lapisan tanah pasir halus akibat peningkatan kadar air sampai melebihi kondisi jenuh. Juga peristiwa likuifaksi (*liquefaction*) yaitu tanah berubah menjadi seperti cairan akibat getaran gempa atau beban siklik lainnya. Hal ini dapat berakibat pada keruntuhan lereng akibat adanya getaran ataupun adanya pergerakan dari permukaan.

Oleh karena itu, perbaikan diperlukan untuk meningkatkan sifat pemadatan dan kuat geser pasir bergradasi buruk. Salah satu metode yang diajukan oleh peneliti sebelumnya adalah dengan penambahan partikel halus dari tanah lempung. Penelitian oleh Yin dkk. (2021) menunjukkan pentingnya mengetahui bagaimana kandungan lempung dapat mempengaruhi perilaku pasir dan bagaimana susunan partikel pasir berubah akibat penambahan lempung. Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan lempung terhadap sifat pemadatan pasir yang dicampur dengan lempung plastis dan lempung non plastis (Deb dkk., 2010). Berdasarkan penelitian mereka, Deb dkk. menyimpulkan bahwa dengan penambahan lempung antara 9 dan 32% butiran halus, terjadi peningkatan berat isi kering maximum (MDD) dan penurunan kadar air optimum (OMC). Sebaliknya, penelitian oleh Kim dkk (2005) terhadap tanah granit menunjukkan bahwa dengan kadar lempung 10 – 50% menunjukkan terjadinya penurunan MDD dan peningkatan OMC.

Untuk kuat geser tanah, penelitian oleh Miftah dkk (2020) menunjukkan adanya hubungan yang unik antara kandungan butiran halus dan sudut geser dalam, dimana sudut geser dalam meningkat dengan bertambahnya butiran halus hingga mencapai nilai maksimum pada kadar 10%, setelah itu terjadi penurunan sudut geser dalam. Beberapa peneliti lain (misalnya Karim & Alam, 2017; Kim et al, 2018) menemukan bahwa perilaku pasir berubah dengan penambahan 30% lempung. Penelitian oleh Karakan dkk. (2018) menunjukkan bahwa kuat geser *undrained* ( $s_u$ ) turun sampai 30% penambahan lempung dengan jenis mineral kaolin namun meningkat pada penambahan lempung dengan jenis mineral bentonite dari 0 sampai 100%. Dengan demikian, pengaruh kadar lempung terhadap kuat geser tanah tergantung dari jenis mineral yang dikandung oleh tanah lempung. Beberapa penelitian lain seperti Kolay dkk (2005) dan Hakam dkk. (2010) juga menunjukkan adanya peningkatan kohesi dengan penambahan kadar lempung. Untuk pasir dan lempung lokal yang digunakan dalam penelitian ini Tarjudin & Gofar (2022) menyimpulkan bahwa kondisi optimum peningkatan kuat geser dan kerapatan pasir terjadi pada penambahan 25% lempung.

Hasil penelitian penelitian di atas menunjukkan adanya perbedaan kesimpulan mengenai pengaruh penambahan lempung terhadap kekuatan pasir tergantung pada jenis pasir dan lempung yang

digunakan dan juga persentase lempung yang ditambahkan. Valejo dan Mawby (2000) menjelaskan bahwa kekuatan tanah di kontrol oleh pasir pada kadar lempung  $< 25\%$  dan di kontrol oleh tanah lempung pada kadar lempung  $> 60\%$ .

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan lempung terhadap sifat pemadatan dan kuat geser pasir bergradasi buruk. Penelitian ini direncanakan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan lempung pada kondisi dimana perilaku tanah berada pada kondisi transisi antara pasir dan lempung seperti dijelaskan dalam Valejo dan Mawby (2000) yaitu antara  $30\% - 55\%$ . Penelitian untuk persentase lempung  $< 30\%$  telah dilakukan dan dipublikasikan oleh Tarjudin & Gofar (2022).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan lempung terhadap sifat pemadatan pasir bergradasi buruk melalui pengujian pemadatan ringan (Standard Proctor) (SNI 1742-2008) dan kuat geser campuran menggunakan alat kuat tekan bebas (Unconfined Compressive strength) (SNI 3638-2012). Dalam penelitian ini dipilih rentang penambahan lempung plastis antara  $30\% - 55\%$  terhadap pasir halus berdasarkan berat kering. Pemilihan persentase ini berdasarkan penelitian sebelumnya (Valejo dan Mawby, 2000) yang menemukan bahwa kekuatan tanah di kontrol oleh pasir pada kadar lempung  $< 25\%$  dan di kontrol oleh tanah lempung pada kadar lempung  $> 60\%$ .

Penelitian dilakukan terhadap pasir sungai dan lempung yang umum terdapat di bagian timur Sumatera Selatan. Penelitian awal dilakukan terhadap sifat dan klasifikasi pasir dan lempung telah dilaporkan dalam Tarjudin & Gofar (2022). Lempung yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah dengan kondisi lepas dan kering udara lolos saringan No 40 (ASTM). Pemisahan lempung dari tanah yang diambil di lokasi dilakukan dengan pengujian analisa saringan basah mengacu pada standar SNI ASTM C 117-2012.

### 2.1 Pengujian Awal dan pembuatan benda uji

Pengujian awal dilakukan terhadap tanah pasir dan tanah lempung untuk mengetahui sifat index dan klasifikasinya. Pengujian awal yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis (Gs), analisis saringan, dan pengujian *Atterberg Limits* yaitu batas cair (SNI 1967-2008) dan batas plastis (SNI 1966-2008). Uji plastisitas dilakukan untuk mengetahui apabila campuran tanah telah memiliki plastisitas sehingga dapat dilakukan pengujian yang sesuai untuk tanah lempung (uji pemadatan Proctor dan uji kuat tekan bebas).

Untuk campuran yang diuji, tanah lempung di campur dengan pasir sesuai dengan kadar yang telah di tentukan berdasarkan berat kering yaitu  $30\%$ ,  $35\%$ ,  $40\%$ ,  $45\%$ ,  $50\%$  dan  $55\%$ . Pemilihan persentase ini didasarkan pada penelitian oleh Valejo dan Mawby dimana pengaruh kombinasi pasir dan lempung terjadi pada persentase lempung sebersar  $25\% - 60\%$  dan penelitian terdahulu (Tarjudin & Gofar, 2022) yang menunjukkan bahwa pada kadar lempung  $\leq 25\%$  perilaku tanah masih di control oleh pasir.

**Tabel 1 Matriks Pengujian**

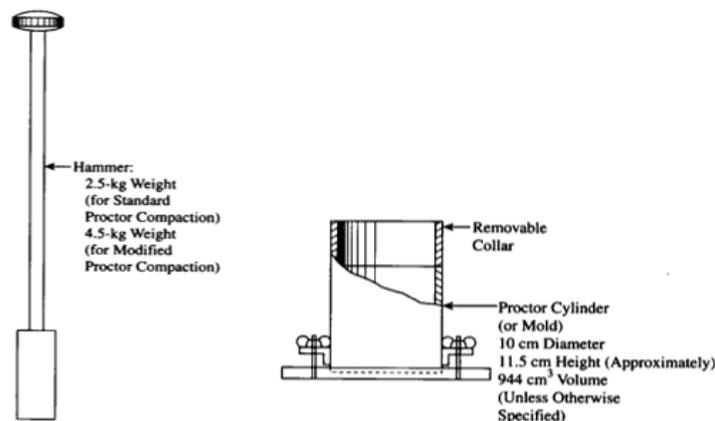
Campuran	Pasir	Lempung	Atterberg Limits	Pengujian Pemadatan	Pengujian Kuat tekan bebas
A	70%	30%	1 set	1 set	3 sampel
B	65%	35%	1 set	1 set	3 sampel
C	60%	40%	1 set	1 set	3 sampel
D	55%	45%	1 set	1 set	3 sampel
E	50%	50%	1 set	1 set	3 sampel
F	45%	55%	1 set	1 set	3 sampel
Control	0%	100%	1 set	1 set	3 sampel

Untuk campuran yang diuji, tanah lempung di campur dengan pasir sesuai dengan kadar yang telah di tentukan berdasarkan berat kering yaitu 30%, 35%, 40%, 45%, 50% dan 55%. Pemilihan persentase ini didasarkan pada penelitian oleh Valejo dan Mawby dimana pengaruh kombinasi pasir dan lempung terjadi pada persentase lempung sebersar 25% – 60% dan penelitian terdahulu (Tarjudin & Gofar, 2022) yang menunjukkan bahwa pada kadar lempung  $\leq 25\%$  perilaku tanah masih di control oleh pasir.

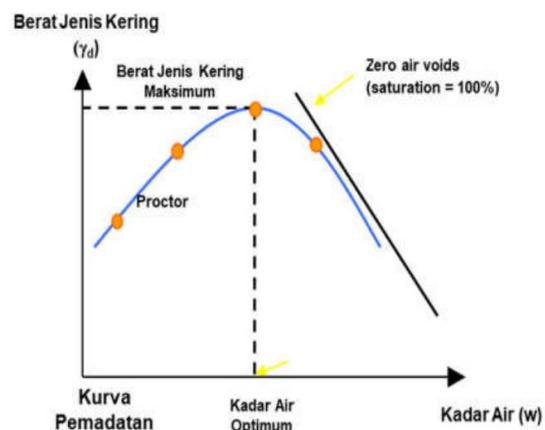
Uji pemadatan dilakukan untuk setiap campuran untuk mendapatkan sifat pemadatan yaitu berat isi kering maximum (MDD) dan kadar air optimum (OMC). Informasi dari hasil pengujian pemadatan ini juga di gunakan untuk dasar pembuatan sampel benda uji untuk pengujian kuat tekan bebas. Pengujian Kuat tekan bebas dilakukan terhadap tiga (3) sample untuk setiap campuran. matriks pengujian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

## 2.2. Uji Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan dilakukan dengan mengacu pada SNI 1742-2008. Dalam hal ini untuk setiap campuran dilakukan pemadatan terhadap 5 sampel yang dibentuk dengan kadar air berbeda. Hasil pengujian untuk setiap sampel berupa kadar air dan berat isi kering maximum di plot dalam satu grafik untuk mendapatkan berat isi kering maximum (MDD) dan kadar air optimum (OMC) untuk setiap campuran. Gambar 1 memperlihatkan alat pemadatan laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini sedangkan Gambar 2 memperlihatkan contoh grafik pemadatan untuk satu sample tanah.



Gambar 1 Alat uji pemadatan laboratorium



Gambar 2 Grafik Pemadatan

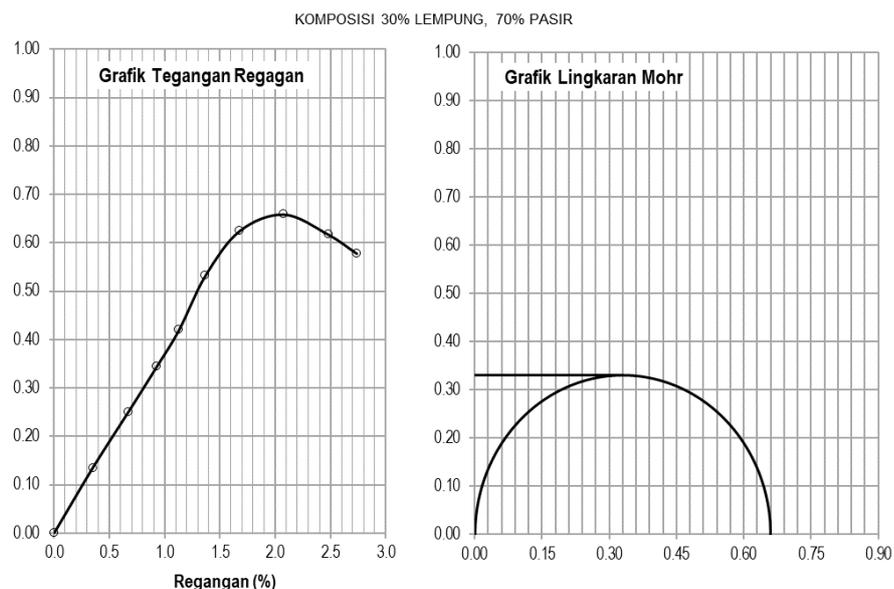
### 2.3 Uji Kuat Tekan Bebas

Kuat geser tanah bersumber dari kohesi dan sudut geser dalam. Secara teoretis pasir mempunyai sudut geser dalam yang tinggi dan kohesi yang rendah. Sedangkan lempung mempunyai kohesi yang tinggi dan sudut geser dalam yang rendah, bahkan pada kondisi jenuh kekuatan lempung hanya bersumber dari kohesinya. Kuat geser lempung dalam kondisi jenuh air dapat dievaluasi dengan menggunakan pengujian kuat tekan bebas. Dalam hal ini sampel harus dapat dibentuk dan diuji dalam keadaan tanpa kekangan (*unconfined*) sehingga kuat gesernya dapat di evaluasi berdasarkan kohesi.



Gambar 3 Alat uji kuat tekan bebas

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan dengan mengacu pada SNI 6887: 2012. Gambar 3 memperlihatkan alat kuat tekan bebas yang digunakan dalam penelitian ini. Sampel dibuat dengan kadar air optimum yang di dapatkan dari hasil pengujian pemadatan ringan. Untuk pengujian kuat tekan bebas, disiapkan tiga contoh tanah untuk masing masing campuran. Setiap sampel dibebani sesuai prosedur standar dan kuat tekan maximum didapatkan berdasarkan beban pada saat keruntuhan atau beban pada saat deformasi mencapai 20%. Hasil pengujian dapat digambarkan dalam bentuk hubungan tegangan-regangan dan lingkaran Mohr sehingga didapatkan kohesi pada kondisi undrained (Gambar 4).



Gambar 4 Grafik hasil uji kuat tekan bebas

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian Awal

Hasil pengujian pasir dan lempung yang digunakan sebagai bahan campuran dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 2. Grafik distribusi ukuran partikel pasir diberikan pada Gambar 5. Dari Tabel 2 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa grafik distribusi ukuran partikel pasir memiliki koefisien keseragaman  $C_u = 1,90$  dan koefisien kelengkungan  $C_c = 0,89$ . Pasir dengan  $C_u < 6$  dan koefisien kelengkungan  $C_c < 1$  digolongkan sebagai pasir bergradasi buruk (Gofar dan Kassim, 2007). Dari Tabel 2 dan Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa hampir semua partikel lolos saringan No 40 dan tertahan Saringan No 200. Dengan demikian pasir memiliki ukuran partikel antara 0,42 mm dan 0,075 mm sehingga dapat diklasifikasi sebagai pasir halus dengan gradasi buruk atau SP menurut USCS.

Lempung yang digunakan untuk menambahkan kadar lempung dalam pasir mengandung 95,68% lolos saringan No. 200 yang terdiri dari 37,32% lanau dan 42,15% lempung (Tabel 2). Dengan batas cair lebih tinggi dari 50%, maka lempung yang digunakan dalam penelitian ini dapat di klasifikasikan sebagai lempung dengan plastisitas tinggi (CH) menurut USCS. Posisi lempung pada grafik plastisitas diperlihatkan pada Gambar 6. Pengujian pemadatan juga dilakukan terhadap lempung dan hasilnya menunjukkan bahwa lempung yang digunakan mempunyai berat isi kering maximum yang rendah yaitu 13,86 kN/m<sup>3</sup>, dan kadar air optimum yang tinggi yaitu 32%.

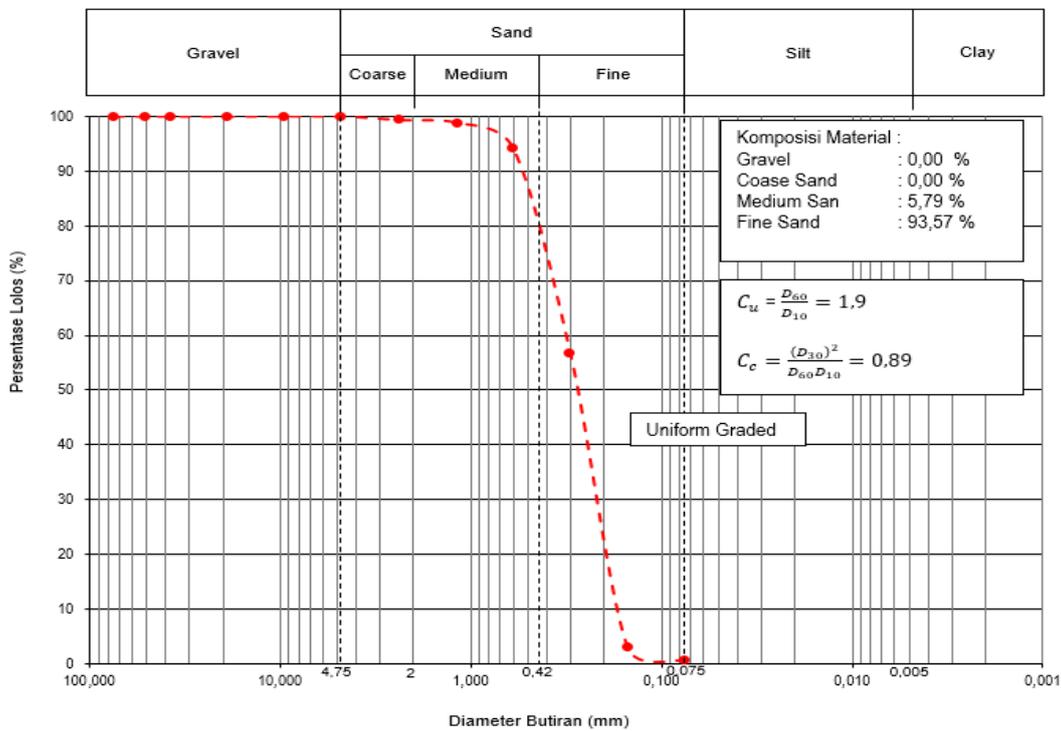
**Tabel 2 Hasil Pengujian Pasir dan Lempung**

Sifat tanah	Pasir	Lempung
Berat Jenis ( $G_s$ )	2.61	2,64
Lolos Saringan No.10	100%	98,42%
Lolos Saringan No.40	93,57%	96,66%
Lolos Saringan No.200 (lanau & lempung)	0%	95,68%
Koefisien keseragaman, $C_u$	1,90	-
Koefisien kelengkungan, $C_c$	0,89	-
Angka pori maximum, $e_{max}$	45.89	-
Angka pori minimum, $e_{min}$	41.48	-
Batas cair ( $LL$ )	-	65.14%
Indeks Plastisitas ( $PI$ )	-	44.51%
Klasifikasi Tanah (USCS)	SP	CH
Berat isi kering maximum (MDD)	-	13,86 kN/m <sup>3</sup>
Kadar air optimum (OMC)	-	32%

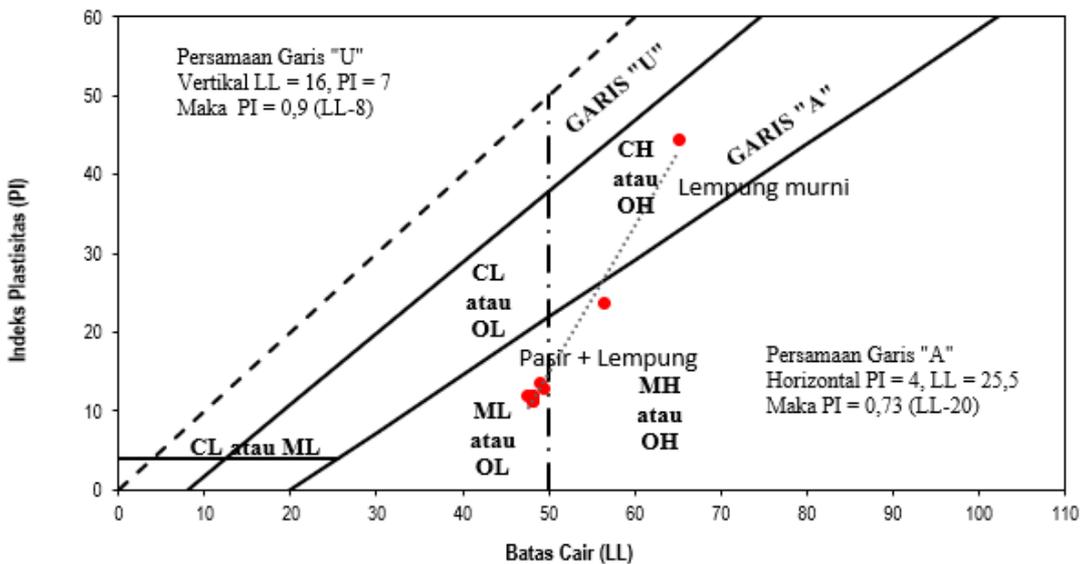
Dari hasil penelitian awal, dapat disimpulkan bahwa tanah yang digunakan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Pasir dapat digolongkan sebagai pasir halus dengan gradasi seragam atau SP (menurut USCS). Lempung yang digunakan dapat di klasifikasikan berdasarkan USCS sebagai lempung dengan plastisitas tinggi (CH).

Pengujian batas cair dan batas plastis dilakukan terhadap campuran pasir dengan 30% lempung untuk melihat apakah pada kadar tersebut campuran telah memiliki perilaku sebagai lempung. Dengan kata lain sifat campuran telah dipengaruhi oleh mineral yang ada dalam lempung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar penambahan 30% lempung berdasarkan berat kering, campuran A mempunyai plastisitas yang cukup tinggi yaitu  $LL = 48,08$  dan  $PL = 32,08$  atau  $IP = LL - PL = 11,29$ . Nilai ini di plot pada Gambar 6 menunjukkan bahwa campuran dapat

diklasifikasikan sebagai ML (lanau dengan plastisitas rendah). Gambar 6 juga memperlihatkan perubahan nilai plastisitas akibat penambahan lempung.



Gambar 5 Grafik distribusi partikel pasir

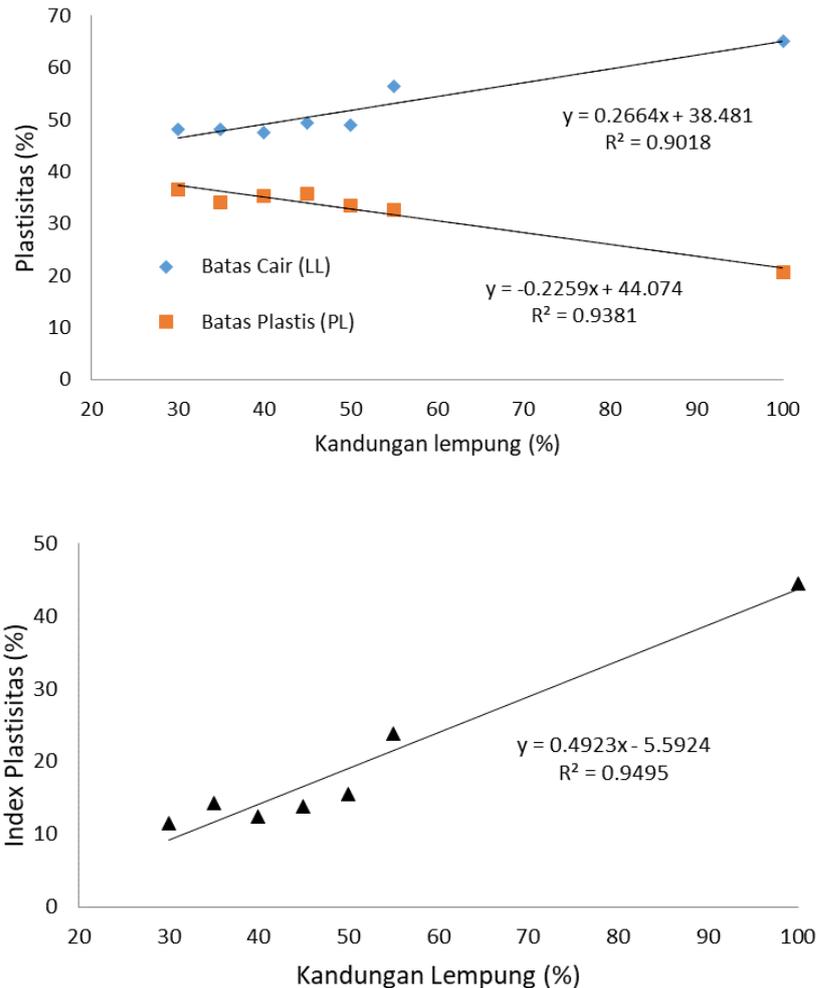


Gambar 6 Klasifikasi tanah lempung murni dan plastisitas campuran tanah pada grafik plastisitas

### 3.2 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Sifat Pemadatan Campuran Tanah

Pengaruh kadar lempung terhadap plastisitas campuran diperlihatkan pada Gambar 7. Dapat dilihat dari Gambar 7 bahwa nilai batas cair dan batas plastis meningkat dengan penambahan lempung.

Dalam hal ini peningkatannya dapat digambarkan dengan garis regresi linear dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang cukup tinggi yaitu  $> 0,90$  untuk semua sifat plastisitas (LL, PL dan IP).

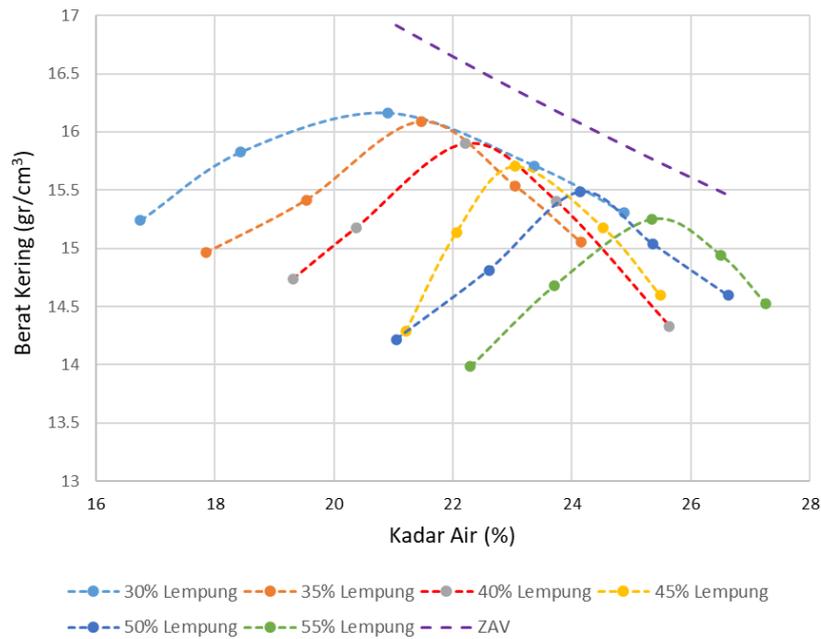


**Gambar 7 Pengaruh penambahan lempung terhadap plastisitas campuran**

### 3.3 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Sifat Pemadatan Campuran Tanah

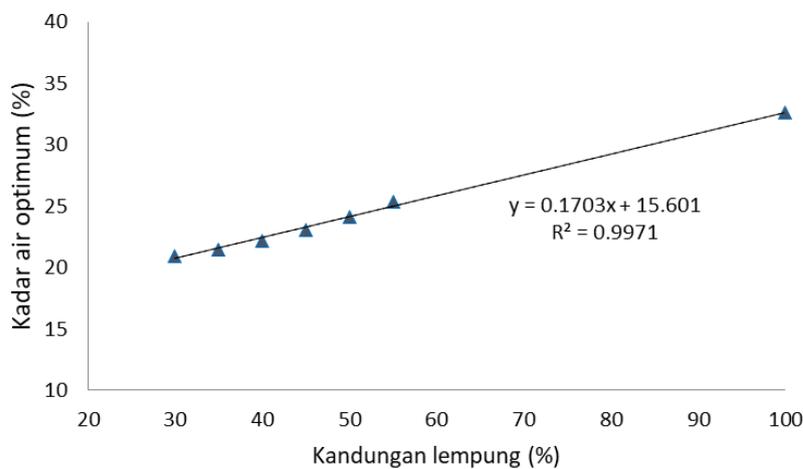
Hasil pengujian pemadatan berupa kurva pemadatan dari masing masing campuran di perlihatkan pada Gambar 8. Dari gambar ini dapat dilihat penurunan berat isi kering maximum (MDD) dan peningkatan kadar air optimum (OMC) akibat penambahan lempung.

Pengaruh kadar lempung terhadap MDD dan OMC berturut turut diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10. Kedua plot menunjukkan adanya hubungan yang linier antara penambahan lempung dengan MDD dan OMC dengan koefisien determinasi  $R^2$  mendekati 1. Meningkatnya OMC disebabkan oleh penambahan kadar lempung maka jumlah air yang terserap kedalam campuran menjadi lebih banyak. Hal ini mengakibatkan pemadatan tanah menjadi lebih sulit dan MDD yang dapat dicapai menjadi lebih rendah.

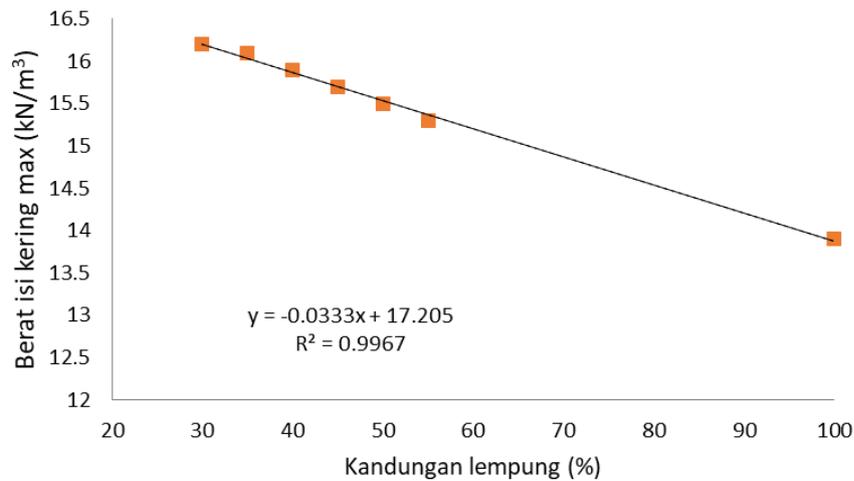


Gambar 8 Grafik Pemadatan Campuran Pasir dan Lempung

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah pasir lebih mudah untuk dipadatkan pada penambahan lempung dengan jumlah mendekati kadar lempung optimum dari hasil penelitian sebelumnya yaitu 25% (Tarjudin & Gofar, 2022). Dengan penambahan lebih banyak lempung maka tanah mempunyai kecenderungan menyerap air sehingga kadar air optimum meningkat, sebaliknya berat isi kering maximum berkurang. Penelitian ini juga mendukung hasil penelitian Yin dkk. (2021) dimana kandungan lempung dapat merubah susunan partikel pasir dan mempengaruhi perilaku pasir. Pada kadar lempung  $\geq 30\%$  perilaku campuran perlahan berubah menjadi lempung. Penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Kim dkk (2005), namun perubahan perilaku terjadi pada penambahan lempung yang lebih banyak yaitu 30 – 55% dibandingkan dengan penelitian oleh Kim dkk. yaitu 10 – 50%.



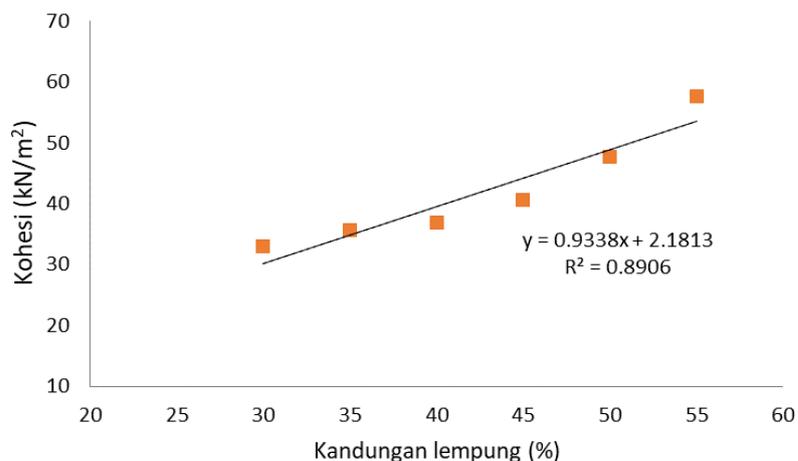
Gambar 9 Pengaruh penambahan lempung terhadap OMC



**Gambar 9 Pengaruh penambahan lempung terhadap MDD**

### 3.4 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Kuat Tekan Bebas

Hasil pengujian kuat tekan bebas terhadap campuran pasir dan lempung diperlihatkan pada Gambar 11. Dari gambar terlihat bahwa penambahan lempung 30% sampai 55% memberikan peningkatan kohesi ( $c_u$ ) dari 33 kPa sampai 57,7 kPa. Terdapat hubungan regresi yang linear dengan koefisien determinasi  $R^2$  yang cukup baik yaitu 0,90. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada penambahan lempung lebih tinggi dari kadar lempung optimum, campuran menjadi bersifat seperti lempung dan kohesi bertambah seiring bertambahnya kadar lempung dalam campuran. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Karakan dkk (2018) pada penggunaan lempung dengan mineal bentonit. Hasil penelitian juga sejalan dengan hasil penelitian oleh Kolay dkk. (2005) yang memperlihatkan kenaikan kohesi dari 0 sampai 12 kPa pada penambahan lempung antara 0 sampai 30% dan hasil penelitian oleh Hakam dkk. (2010) yang menunjukkan adanya peningkatan kohesi sampai kadar lempung 50%. Namun peningkatan kohesi pada penelitian ini tidak mencerminkan peningkatan kuat geser secara total karena dalam uji kuat tekan bebas nilai sudut geser dalam adalah nol.



**Gambar 11 Pengaruh penambahan lempung terhadap nilai kohesi dari pengujian kuat tekan bebas**

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian terhadap pengaruh penambahan lempung terhadap sifat pemadatan dan kuat geser pasir dapat ditarik kesimpulan bahwa Tanah yang digunakan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Pasir dapat digolongkan sebagai pasir halus dengan gradasi seragam atau SP (menurut USCS). Lempung yang digunakan dapat di klasifikasikan berdasarkan USCS sebagai lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Penambahan lempung menyebabkan pasir bersifat plastis dan terjadi peningkatan plastisitas campuran dari penambahan lempung 30% sampai 55%. Penambahan lempung antara 30% sampai 55% mempengaruhi sifat pemadatan tanah yaitu pengurangan berat isi kering maximum (MDD) dan peningkatan kadar air optimum (OMC). Penambahan lempung menyebabkan peningkatan kuat tekan bebas sampel padat. Penambahan lempung 30% sampai 55% menunjukkan peningkatan kohesi ( $c_u$ ) dari 33 kPa sampai 57,7 kPa. Namun peningkatan kohesi ini tidak mencerminkan peningkatan kuat geser secara total karena dalam uji kuat tekan bebas nilai sudut geser dalam adalah nol.

#### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional, 2016, Metode Pengujian Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase (SNI 3420:2016), BSN, Bandung
- Badan Standarisasi Nasional, 1998, Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat (SNI 4804-1998), BSN, Bandung
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, Analisa Saringan Basah (SNI 4804-1998 ASTM C 117-2012), BSN, Bandung
- Deb, K. Sawant, V & Kiran, A. (2010) "Effect of fines on compaction characteristics of poorly graded sand", *International Journal of Geotechnical Engineering*. 4:2, 299-304. Gofar, N & Kasim, KA. (2007) "Introduction to Geotechnical Engineering", Part I. Person Ed. Singapore
- Hakam, A., Yuliet, R., & Donal, R. (2010). "Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah". *Jurnal Rekayasa Sipil* 6(1):11-22
- Karakan, E., Demir, S. "Effect of fines content and plasticity on undrained shear strength of quartz-clay mixtures". *Arab J Geosci* 11, 743 (2018).
- Karim ME. & Alam, MJ. (2017) "Effect of non plastic silt content on undrained shear strength of sand – silt mixture." *International Journal of Geoengineering* 8(1)14
- Kim, D., Nam, BH. & Youn, H.. Jung (2018). "Effect of Clay Content on the Shear Strength of Clay – Sand Mixture". *International Journal of Geo – Engineering*:9-19.
- Kim, D., Sagong, M. dan Lee, Y (2005). "Effect of fine Aggregate Content on the Mechanical Properties of the decomposed granitic soils ". *Construction and Building Materials* 9 (189-196)
- Kolay, P.K., Abedin, M.Z., and Kho, J.T. (2005) "Effect of Fine Content on Shear Strength Characteristics of Sandy Soil" *International Conference on Engineering and Technology (BICET-2005)*. Brunei Darussalam
- Miftah, A., Garoushi, A.H.B. & Bilsel, H. "Effects of Fine Content on Undrained Shear Response of Sand-Clay Mixture" *Int. J. of Geosynth. and Ground Eng.* 6, 10 (2020).
- Tarjudin, D. & Gofar, N. "Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Kuat Geser dan Kerapatan Pasir" *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil* 6(1):21-32

Valejo LE. And Mawby, R. (2000) "Porosity Influence on the Shear Strength of Granular Material-Clay Mixtures". *Engineering Geology* 58(2):125-136

Yin, K., Fauchille, A., di Filippo, E., Kotronis, P., dan Sciarra, G. (2021) "A Review of Sand-Clay Mixture and Soil-Structure Interface Direct Shear Test" *Geotechnics* 1:260-306