

Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Kuat Geser dan Kerapatan Pasir

Desmarita Tarjudin^{*1}, Nurly Gofar²

Program Studi S2 Teknik Sipil
Universitas Bina Darma, Jalan A. Yani No 3, Palembang 30111
e-mail: ukhti.desma@gmail.com

Received 11 March 2022; Reviewed 31 March 2022; Accepted 23 April 2022
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2477>

Abstract

In soil mechanics, soil is generally categorized as sand and clay. The term sand represents a cohesionless coarse-grained while clay is a fine-grained soil with shear strength mainly derived from cohesion. In loose conditions the sand has low shear strength and is prone to shear failure. Many studies have been carried out to study the strength properties of sand and clay mixtures. In this case, the effect of clay content on the angle of repose is studied and also on the shear strength of the sand tested through direct shear testing. In addition, sand density testing was performed to identify the mechanism of shear strength increase when the sand is mixed with clay. That the angle of repose of the sand used in this study was 30°. The angle increased linearly with the addition of clay because the clay which has finer grain characteristics can fill the void of sand resulting in a more stable mound with steeper angle. From the direct shear test results, it was found that the addition of clay resulted in an increase in the internal shear angle. The soil cohesion increases with the addition of clay up to 20% and then decreases. The same results were obtained from the results of the soil density test where the maximum sand density was obtained at the clay content of 20%-25%.

Keywords: Sand, Clay, Shear Strength, Angle of Repose, Density

Abstrak

Dalam mekanika tanah, umumnya tanah dibedakan menjadi pasir dan lempung. Istilah pasir mewakili tanah yang tidak memiliki kohesi dan berbutir kasar sedangkan lempung merupakan tanah butir halus yang mengandalkan kekuatannya dari kohesi. Dalam kondisi longgar pasir memiliki kekuatan yang rendah dan rentan terhadap kegagalan geser. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mempelajari sifat kekuatan campuran pasir dan lempung. Dalam hal ini dipelajari pengaruh kadar lempung terhadap sudut gundukan atau sudut tenang (angle of repose) dan juga terhadap kuat geser pasir yang diuji melalui pengujian geser langsung (direct shear). Dalam penelitian ini dilakukan juga pengujian kerapatan pasir untuk mengevaluasi pengaruh lempung terhadap kepadatan pasir. Sudut tenang pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30°, sudut ini meningkat secara linier dengan persen penambahan lempung karena lempung yang mempunyai karakteristik butiran lebih halus pada saat proses penuangan dapat mengisi rongga dari pada pasir sehingga membentuk timbunan yang padat, saling mengisi dan lebih curam. Dari hasil pengujian geser langsung didapatkan bahwa penambahan lempung mengakibatkan peningkatan sudut geser dalam. Kohesi tanah meningkat pada penambahan lempung sampai 20% kemudian menurun. Hasil yang sama didapatkan dari hasil pengujian kerapatan tanah dimana kepadatan pasir maximum didapatkan pada penambahan lempung dengan kadar 20%-25%.

Kata Kunci: Pasir, Lempung, Kuat Geser, Sudut Diam, Kerapatan

1. Pendahuluan

Kekuatan geser tanah merupakan sifat yang mempengaruhi daya dukung dan kestabilan tanah sebagai pondasi maupun sebagai bahan konstruksi. Pada umumnya pembahasan mengenai tanah dalam ilmu Mekanika Tanah dibedakan pada dua jenis tanah yaitu tanah butir kasar (kerikil dan pasir) dan tanah butir halus (lanau dan lempung). Namun pada kenyataannya tanah merupakan campuran dari berbagai ukuran partikel. Campuran pasir dan lempung biasanya digunakan dalam penelitian untuk mengetahui faktor faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah yang dinyatakan sebagai kuat geser. Kuat geser tanah terdiri kohesi atau daya lekat antar butiran (*cohesion*) dan sudut geser dalam (*internal friction angle*).

Sifat tanah butir kasar atau pasir dipengaruhi oleh ukuran partikel, distribusi ukuran partikel dan kepadatannya (Gofar & Kassim, 2007). Pasir yang memiliki distribusi ukuran partikel yang baik (*well graded*) dan cukup padat (*dense*) memiliki sudut geser dalam yang cukup tinggi. Namun pasir yang memiliki ukuran butiran yang seragam (*uniformly graded*) dan longgar (*loose*) memiliki kekuatan yang rendah dan rentan terhadap kegagalan geser. Tanah butir kasar mengandalkan kekuatannya pada sudut geser dalam, bahkan pasir dalam kondisi kering diasumsikan tidak memiliki kohesi.

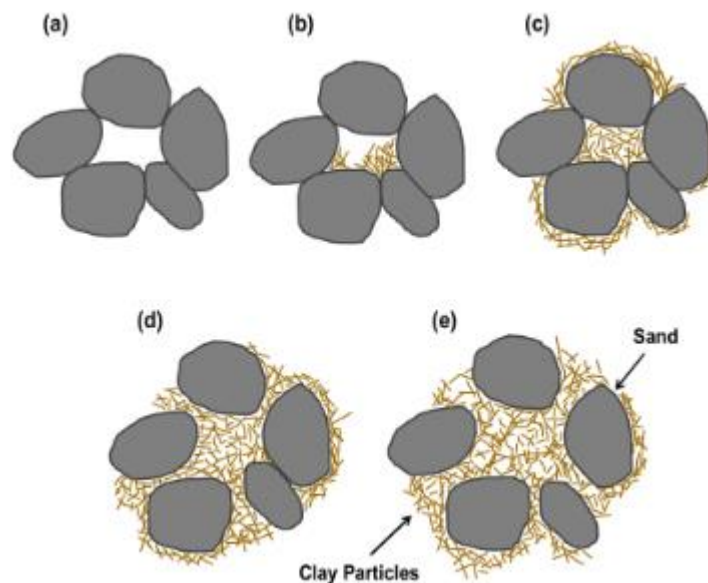
Bila pasir kering dituangkan secara bebas dan pelan pelan diatas bidang horizontal, maka akan terbentuk gundukan berbentuk kerucut dengan sudut kemiringan tertentu yang disebut Sudut tenang (*angle of repose*). Sudut tenang di definisikan sebagai sudut kemiringan terbesar dari gundukan tanah yang tidak memiliki kohesi (Holtz and Kovacs, 2011). Sudut diam sebesar $\leq 35^\circ$ menandakan bahwa bahan tersebut mudah mengalir (*non kohesif*), sudut diam $35^\circ-45^\circ$ menandakan bahwa bahan tersebut sedikit bersifat kohesif, sudut diam sebesar $45^\circ-55^\circ$ menandakan bahwa bahan bersifat kohesif (kehilangan sifat mudah mengalir) dan sudut diam $\geq 55^\circ$ menandakan bahan bersifat sangat kohesif dan sulit mengalir. Sudut ini yang merupakan fungsi dari berat jenis, bentuk partikel dan koefisien gesek bahan. Untuk tanah pasir kering dalam kondisi paling longgar (*very loose*) sudut ini di asumsikan sama dengan sudut geser dalam pasir. Namun untuk kondisi yang berbeda kekuatan geser tanah pasir harus diuji di laboratorium antara lain dengan pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*) atau Triaxial.

Beberapa masalah dihadapi berkaitan dengan tanah pasir antara lain pengeboran tiang yang memerlukan casing karena lapisan pasir cenderung untuk runtuh pada saat pengeboran, 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. Permasalahan lainnya adalah peristiwa *collapse compression* atau terjadinya penurunan lapisan tanah pasir halus akibat peningkatan kadar air sampai kondisi jenuh.

Sifat tanah lempung dipengaruhi oleh air dan adanya mineral lempung termasuk jenis mineral, kimia lingkungan pada saat pembentukannya, dan kapasitas pertukaran kation (Gofar & Kassim, 2007). Adanya mineral lempung menyebabkan tanah lempung memiliki kohesi atau daya lekat antar butiran. Bahkan untuk tanah lempung yang jenuh air kekuatannya hanya tergantung dari nilai kohesi. Kohesi dalam tanah lempung menyebabkan galian pada tanah lempung dapat dilakukan tanpa menggunakan casing. Oleh karena itu penambahan lempung pada tanah pasir diharapkan dapat meningkatkan ketahanan tanah pasir terhadap keruntuhan tanah maupun likuifaksi.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan lempung terhadap sudut diam dan sudut geser dalam (Valejo & Mawby 2000; Karim et al., 2017; Kim et al., 2018, Yin et al., 2021). Valejo dan Mawby (2000) menemukan bahwa kekuatan tanah di kontrol oleh pasir pada kadar lempung $< 25\%$ dan di kontrol oleh tanah lempung pada kadar lempung $> 60\%$. Perubahan susunan partikel pasir akibat penambahan lempung diperlihatkan pada Gambar 1. Ketika sedikit lempung di tambahkan maka lempung akan mengisi rongga pasir (b), bila lempung ditambah lagi maka ia akan mengisi penuh rongga pasir dan sekitarnya (c), dalam hal ini kondisi

kerapatan optimum tercapai. Pada kondisi (e) penambahan lempung telah melebihi rongga pasir dan mendesak partikel pasir menjauh satu sama lain sehingga tanah berubah perilakunya menjadi seperti lempung.



Gambar 1 Perubahan susunan partikel pasir pada penambahan lempung
(Sumber Yin et al, 2021)

Karim et al (2017) menemukan bahwa perilaku pasir berubah dengan penambahan 30% lempung. Kim et al (2018) menemukan bahwa sudut diam pasir bertambah dengan penambahan lempung sampai dengan 25%. Dalam hal ini peningkatan kuat geser diidentifikasi dari hasil pengujian sudut gundukan pasir (*angle of repose*, β) dan pengujian geser langsung (*direct shear test*) yang ditunjukkan dengan sudut geser dalam (ϕ'). Hasil penelitian Kim et al (2018) juga menunjukkan adanya satu kondisi optimum dimana penambahan lempung memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap kestabilan pasir. Dan ini tergantung dari properties pasir dan lempung yang digunakan. Penelitian oleh Yin et al (2021) menunjukkan pentingnya mengetahui bagaimana kandungan lempung dapat mempengaruhi perilaku pasir dan bagaimana susunan partikel pasir berubah akibat penambahan lempung.

Budi Listyawan et al (2019) menemukan “Pengujian modulus halus butir menunjukkan pasir pantai memiliki butiran lebih halus daripada pasir merapi, hasil uji sudut tenang menunjukkan bahwa semakin besar kandungan lempung didapatkan nilai sudut tenang yang semakin besar, dikarenakan ketika kadar lempung semakin banyak menimbulkan gesekan yang tidak terlalu besar karena sifat lempung sudah mulai dominan terhadap benda uji sehingga terbentuk timbunan yang semakin curam. Berbanding terbalik dengan tinggi jatuh penuangan yang semakin besar membuat nilai sudut tenang semakin kecil dikarenakan dengan tingginya penuangan benda uji maka ketika benda uji jatuh menyentuh dasar permukaan menimbulkan kejutan yang besar yang membuat diameter benda uji melebar dan menghasilkan timbunan yang lebih landai. Hasil terakhir dengan semakin kasarnya dasar permukaan membuat nilai sudut tenang semakin besar dikarenakan semakin kasar permukaan yang digunakan maka koefisien gesek yang ditimbulkan akan semakin besar sehingga gesekan antara permukaan dengan material timbunan hanya berlangsung sebentar kemudian membentuk timbunan dengan diameter yang kecil dan tinggi timbunan yang curam”.

Di Indonesia, sejalan dengan Valejo dan Mawby, penelitian mengenai pengaruh penambahan lempung terhadap kuat geser tanah pasir sungai dilakukan oleh Sagala (2014) menunjukkan adanya kondisi optimum penelitian mengenai pengaruh penambahan lempung sampai 50% terhadap kuat geser pasir melalui dimana penambahan tanah pasir memberikan peningkatan kuat geser pasir.

Namun uji geser langsung dilakukan oleh Hakam et al (2010) menunjukkan penurunan sudut geser dalam dan peningkatan kohesi terhadap pasir pantai. Penelitian lain dilakukan oleh Listyawan et al (2020) terhadap sudut tenang pasir pantai dan pasir gunung dengan variasi kadar lempung. Dalam hal ini Listyawan dkk menggunakan variasi tinggi jatuh. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan pengaruh penambahan lempung terhadap pasir pantai dan pasir gunung. Pada pasir gunung penambahan lempung mengakibatkan volume hilang semakin sedikit sedangkan pada pasir pantai volume hilang akibat penuangan makin banyak.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui mekanisme yang terjadi pada pencampuran lempung terhadap pasir dengan gradasi seragam dan longgar berdasarkan pengujian sudut tenang (angle of repose), pengujian geser langsung dan pengujian kerapatan tanah dan analisis hubungan antara hasil dari ke tiga pengujian ini.

2. Metode Penelitian

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.

Berdasarkan penelitian terdahulu (Valejo & Mawby 2000; Karim et al 2017; Kim et al 2018) terdapat perubahan perilaku campuran pada kadar penambahan pasir optimum sekitar 20 – 30%. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan dengan penambahan lempung sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35% lempung berdasarkan berat kering. Lempung yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah dengan kondisi lepas dan kering udara lolos saringan No 200 (ASTM). Pemisahan lempung dari tanah yang diambil di lokasi dilakukan dengan pengujian analisa saringan basah mengacu pada standar SNI ASTM C 117-2012. Gambar 2 memperlihatkan pasir sungai dan Lempung yang digunakan dalam penelitian ini.



(a)



(b)

Gambar 2 Bahan Penelitian (a) Pasir Sungai (b) Lempung

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi 1) pengujian sudut tenang (angle of repose) menggunakan alat yang difabrikasi mengikuti petunjuk digunakan dalam Kim et al (2018); 2) pengujian geser langsung mengikuti standar pengujian SNI 3420:2016 Metode Pengujian kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase; dan 3), Pengujian kerapatan tanah mengikuti SNI 4804:1998 Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat. Hubungan antara hasil ke tiga pengujian ini.

Sample tanah yang digunakan untuk pengujian *direct shear* adalah tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum berdasarkan uji pemadatan ringan atau *standar proctor* (SNI 1742-2008).

2.1 Uji Sudut Tenang (Angle of repose)

Seperti dijelaskan di atas, pengujian sudut diam (*angle of repose*) mengikuti prosedur yang diberikan pada Kim dkk (2018). Alat uji di fabrikasi di laboratorium mengikuti petunjuk dari Kim dkk. (2018) ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian dilakukan terhadap tanah pasir kering untuk mengetahui sudut tenang pasir murni. Kemudian lempung yang lolos saringan No. 200 di campur dengan pasir sesuai dengan kadar yang telah di tentukan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25% 30% dan 35%. Pasir atau campuran pasir lempung di tuangkan melalui corong sand core kedalam kotak *fiberglass* dengan ketinggian 25 cm. Kemudian setelah beberapa saat kotak fiber di angkat pelan pelan untuk memungkinkan pengukuran tinggi gundukan tanah. Sudut tenang (β) di hitung berdasarkan tinggi gundukan (h) dan radius gundukan tanah (r), $\tan \beta = h/r$



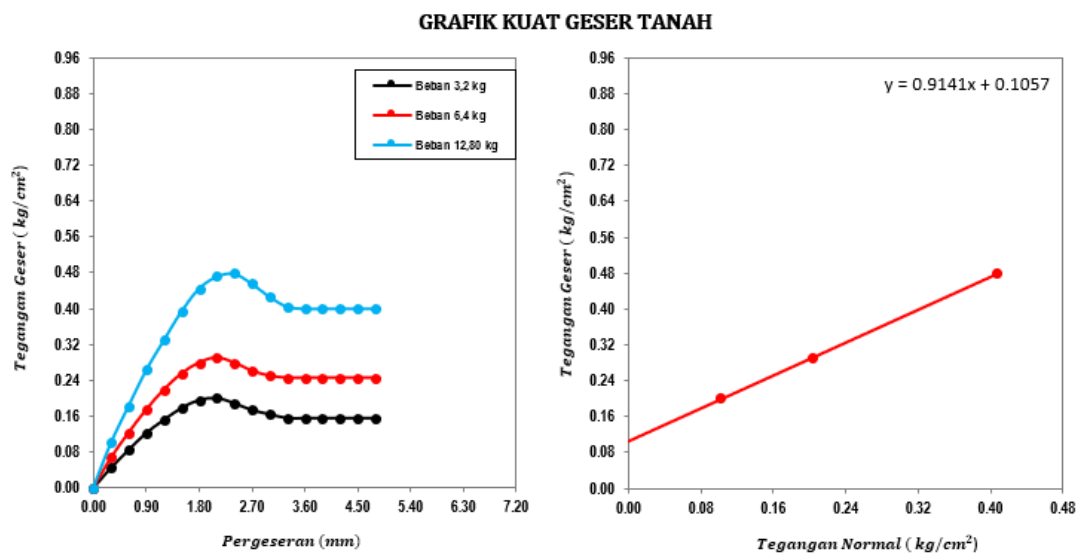
Gambar 3 Alat Uji Sudut tenang yang di fabrikasi di Laboratorium

2.2. Uji Kuat Geser

Pengujian kuat geser langsung dilakukan dengan mengacu pada SNI 3420:2016. Dalam hal ini untuk tanah pasir dan setiap campuran dilakukan pengujian terhadap 3 sampel yang dibentuk dengan kadar air optimum yang di dapatkan dari hasil pengujian pemadatan ringan. Untuk pengujian geser langsung, disiapkan tiga contoh tanah untuk masing masing campuran. Setiap sampel dibebani dengan 3 variasi gaya normal yaitu 3,2 kg, 6,4 kg, dan 12,8 kg yang apabila dibagi dengan luas permukaan sampel menghasilkan tekanan normal sebesar 0,10 kg/cm², 0,20 kg/cm², dan 0,41 kg/cm². Dari setiap pengujian sampel dapat di peroleh hubungan antara tegangan geser dengan regangan geser yang memperlihatkan tegangan geser maximum untuk masing masing sampel. Masing-masing tegangan maximum kemudian di plot terhadap tekanan normal yang digunakan untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam dan kohesi. Kohesi adalah perpotongan garis terhadap absis sedangkan sudut geser dalam adalah kemiringan garis tersebut. Hasil pengujian untuk sampel pasir dengan 10% campuran lempung dapat dilihat pada Gambar 5,



Gambar 4 Alat Uji Geser Langsung yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 5 Grafik hasil pengujian Geser Langsung

2.3 Uji kerapatan tanah

Pengujian kerapatan tanah pasir dan campuran pasir dan lempung dilakukan dalam penelitian ini dengan mengacu kepada SNI 03 4804 1998 tentang Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. Pengujian ini bertujuan untuk menghitung seberapa jauh pengaruh penambahan pasir terhadap kepadatan tanah pasir dan mekanisme yang terjadi seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Alat yang digunakan adalah mold pemadatan standar, mesin pengguncang, neraca dan alat-alat penunjang lainnya. Secara ringkas prosedur pengujian adalah mendapatkan berat isi tanah atau campuran tanah pada kondisi terpadat dan terlonggar. Gambar 6 memperlihatkan pengisian mold dengan campuran pasir – lempung untuk mendapatkan kondisi longgar dan penimbangan mold standar yang berisi campuran pasir-lempung yang telah dipadatkan menggunakan alat pengguncang untuk mendapatkan kerapatan maximum.



Gambar 6 (a) pengisian mold untuk mendapatkan kondisi longgar (b) menimbang mold standar berisi tanah yang sudah dipadatkan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Tanah Pasir Dan Lempung

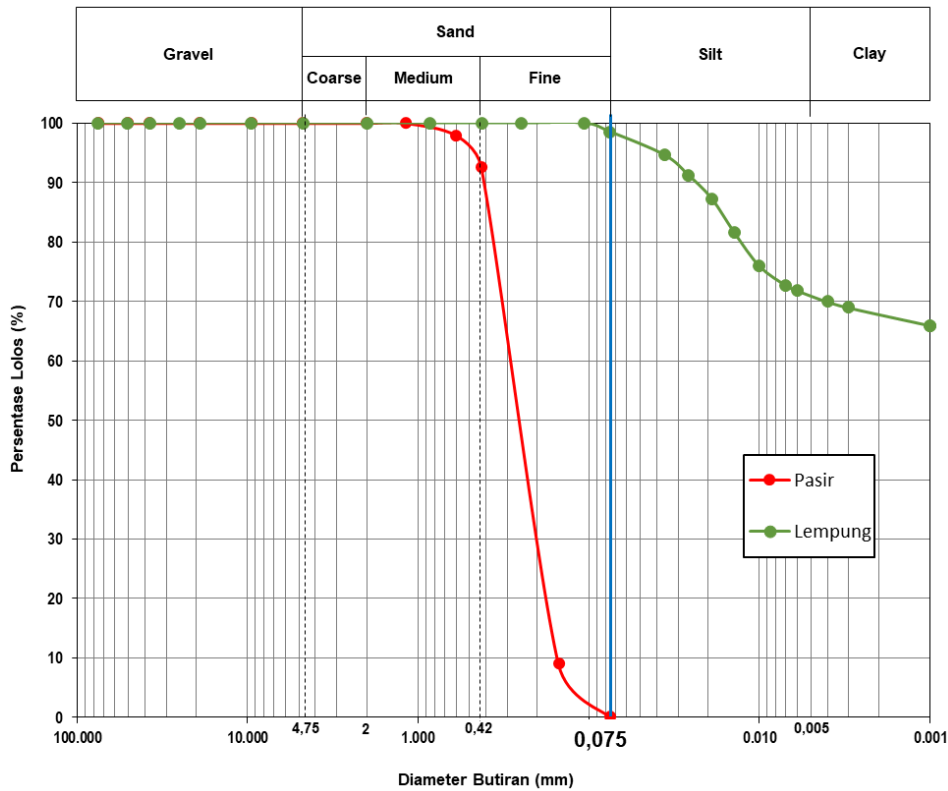
Hasil pengujian pasir dan lempung yang digunakan sebagai bahan campuran dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 4.1. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pasir memiliki berat jenis 2,61, sedangkan kadar air alaminya adalah 3,52% sehingga untuk proses pengujian pasir ini perlu dikeringkan terlebih dahulu sampai kadar airnya mendekati 0%.

Tabel 1 Hasil Pengujian Pasir dan Lempung

Pengujian	Pasir	Lempung
Kadar air	3,52%	31,41%
Berat Jenis	2,61	2,64
Lolos Saringan No.10	100%	98,42%
Lolos Saringan No.40	92,65%	96,66%
Lolos Saringan No.200	0%	95,68%
Batas Cair (LL)	-	56,48%
Batas Plastis (PL)	-	44,51%
Indeks Plastisitas (PI)	-	11,97%
Klasifikasi Tanah AASHTO	A-3	A-7-5
Klasifikasi USCS	SP	CH

Distribusi ukuran butiran pasir diperlihatkan pada Tabel 1. Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pasir memiliki ukuran partikel antara 0,42 mm dan 0,075 mm sehingga dapat diklasifikasikan sebagai fine sand. Pasir mempunyai koefisien keseragaman $C_u = 3,11$ dan koefisien kelengkungan $C_c = 1,43$. Sehingga dapat diklasifikasikan sebagai SP menurut USCS. Menurut AASHTO pasir yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan sebagai A-3 (minimal 50% lolos saringan No. 40). 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. Dengan batas cair

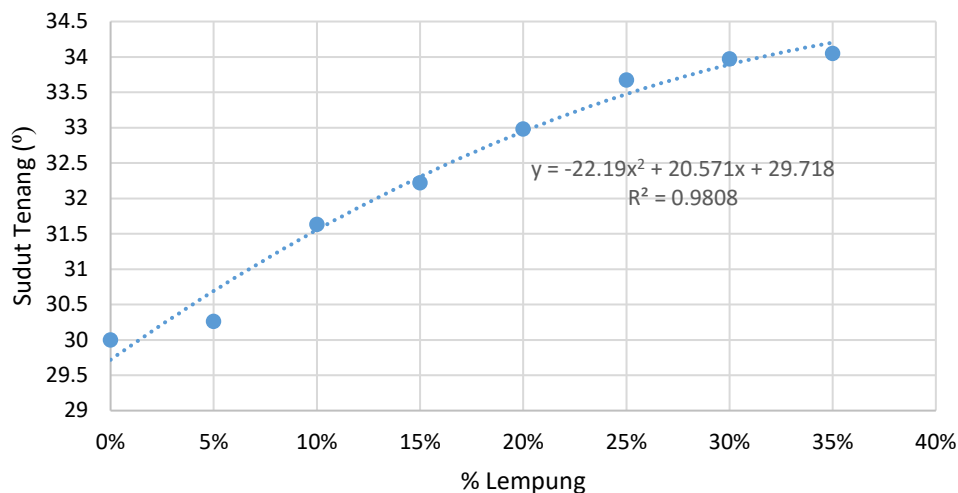
lebih tinggi dari 50%, maka lempung yang digunakan dalam penelitian ini dapat di klasifikasikan sebagai lempung dengan plastisitas tinggi (CH) menurut USCS. Berdasarkan system klasifikasi AASHTO maka lempung ini termasuk dalam kelompok A-7-5. Penambahan tanah lempung pada pasir diharapkan menambahkan kohesifitas pada pasir yang diteliti. Penelitian dilakukan dengan mencampur pasir dengan lempung yang lolos saringan No 200 dengan persentase 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Gambar 7 memperlihatkan gradasi lempung dan campuran tanah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 7 Gradasi Pasir dan Lempung yang digunakan dalam penelitian ini

3.2 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Sudut Tenang

Hasil pengujian berupa pengaruh kadar lempung terhadap sudut diam diperlihatkan pada Gambar 8. Dapat dilihat dari Gambar 8 bahwa sudut diam pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30°. Nilai sudut diam meningkat dengan penambahan lempung, namun kurva menjadi lebih datar pada penambahan 25% ke 30% dan seterusnya. Sudut tenang semakin tinggi dikarenakan lempung yang mempunyai karakteristik butiran lebih halus pada saat proses penuangan dapat mengisi rongga dari pada pasir sehingga membentuk timbunan yang padat, saling mengisi dan lebih curam. Secara statistic hasil pengujian ini cukup baik dibuktikan dengan nilai R² sebesar 0,98. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Kim et al (2018) yang memperlihatkan kenaikan sudut tenang sampai pada penambahan lempung sebesar 25% kemudian sedikit menurun pada penambahan lebih dari 25%.



Gambar 8 Pengaruh penambahan lempung terhadap sudut tenang pasir

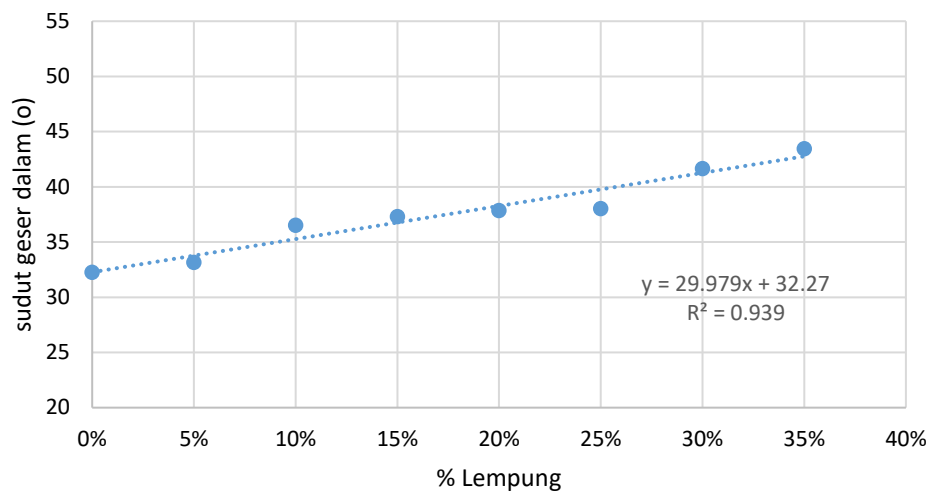
3.3 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Sudut Geser Dalam

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. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian geser langsung terhadap tanah pasir dan campuran pasir dan lempung. Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

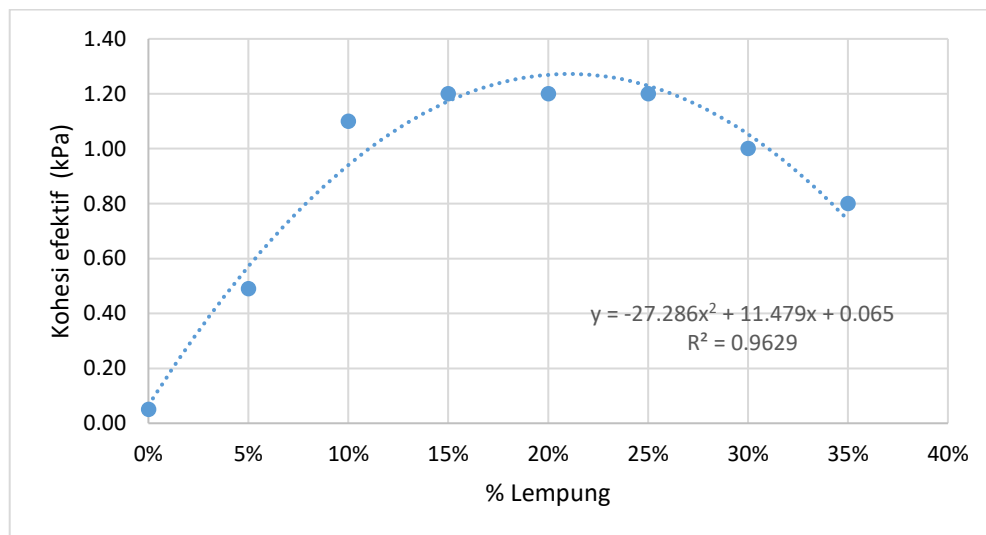
Gambar 9 memperlihatkan bahwa penambahan lempung mengakibatkan sudut geser dalam meningkat secara polynomial dengan korelasi yang cukup baik yaitu nilai $R^2 = 0,93$. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Kim et al (2018) dan Sagala (2014) yang memperlihatkan peningkatan sudut geser dalam sampai kadar lempung tertentu. Hasil ini bertentangan dengan hasil penelitian oleh Hakam dkk. (2010) yang menyimpulkan bahwa sudut geser dalam turun dengan penambahan lempung. Hal ini disebabkan karena butiran lempung yang lebih halus mengisi pori tanah pasir dan menyebabkan kestabilan meningkat.

Gambar 10 memperlihatkan bahwa penambahan kadar lempung mengakibatkan peningkatan kohesi sampai dengan kadar lempung 20% kemudian menurun. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kim dkk. (2018) dan Sagala (2014) yang menyimpulkan bahwa terdapat satu kondisi optimum dimana penambahan lempung memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap kestabilan pasir. Sebaliknya penelitian oleh Hakam menunjukkan bahwa kohesi terus naik sampai kadar lempung 50%.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa telah terjadi suatu mekanisme seperti di jelaskan oleh Vallejo dan Mawby (2000) yaitu ada suatu kondisi dimana penambahan lempung memberikan kontribusi terhadap kekuatan geser dan daya dukung pasir. Namun kontribusi tersebut berkurang pada saat jumlah lempung yang ditambahkan telah melebihi kondisi porositas minimum pasir sehingga penambahan lempung mengakibatkan terdesaknya butiran pasir dan berkurangnya sudut geser dalam karena bidang geser antara butiran pasir berkurang atau hilang sama sekali. Untuk kohesi, peningkatan kohesi yang didapatkan dalam penelitian ini juga hanya berdasarkan pengisian rongga pasir, sedangkan sampel tanah disiapkan pada kondisi kadar air optimum yaitu kondisi tak jenuh. Seperti yang kita ketahui kohesi tanah akan termobilisasi pada saat tanah menjadi jenuh air. Dengan demikian tidak terjadi peningkatan kohesi pada penambahan lempung melebihi ruang rongga pori pasir.



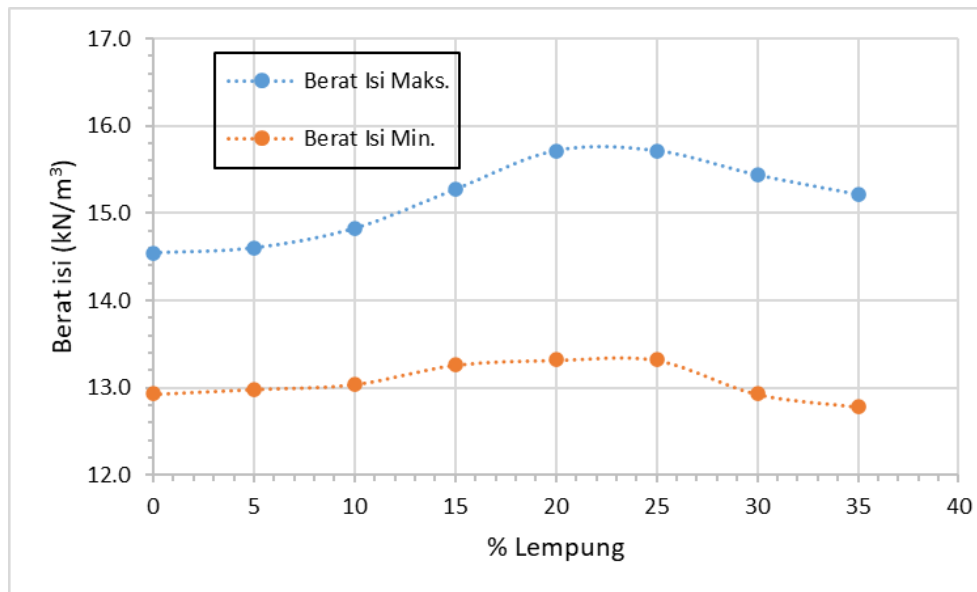
Gambar 9 Pengaruh penambahan lempung terhadap sudut geser dalam



Gambar 10 Pengaruh penambahan lempung terhadap nilai kohesi

3.4 Pengaruh Penambahan Lempung Terhadap Kerapatan Tanah Pasir

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada campuran lempung terhadap pasir didapat bahwa kadar lempung yang mempengaruhi kepadatan pasir pada persentase 20%-25% untuk kohesi dan 30 – 35% untuk sudut geser dalam dan sudut tenang. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mendapatkan kondisi optimum yang sebenarnya di tinjau dari berat isi dan rongga udara dalam pasir. Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 11. Dapat dilihat dari Gambar 11 bahwa pasir mencapai berat isi maximum tertinggi pada penambahan lempung santara 20 – 25% sedangkan untuk berat isi minimum pada penambahan lempung sebesar 25%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum penambahan lempung pada pasir sungai yang digunakan dalam penelitain ini adalah 25%.



Gambar 11 Pengaruh penambahan lempung terhadap kerapatan Pasir

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap pasir sungai yang digunakan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pasir merupakan pasir halus dengan gradasi seragam, sehingga dapat di klasifikasikan menurut USCS sebagai SP dan menurut AASHTO sebagai A-3. Lempung yang digunakan adalah lolos saringan No 200 melalui saringan basah. Pengujian sudut tenang pasir yang dilakukan dengan tinggi jatuh 25 cm menunjukkan bahwa sudut tenang pasir digunakan dalam penelitian ini adalah 30°. Nilai sudut tenang meningkat dengan penambahan lempung sampai 30% yaitu dari 30° menjadi 34°. Pada pengujian geser langsung, penambahan lempung mengakibatkan peningkatan sudut geser dalam dan kohesi sampai kadar penambahan optimum. Untuk sudut geser dalam, peningkatan terjadi sampai kandungan lempung 30% sedang untuk kohesi hanya sampai 25%. Pada pengujian kerapatan tanah, kerapatan maximum tanah pasir tercapai pada penambahan lempung sebanyak 20 – 25% meningkat secara linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada kondisi optimum dimana campuran pasir-lempung masih berperilaku seperti pasir, dimana penambahan lebih lanjut partikel lempung ke dalam pasir merubah perilaku tanah di control oleh mineral lempung. Kadar optimum lempung dalam pasir tergantung dari jenis pasir dan lempung yang digunakan. Untuk tanah yang diteliti, kondisi optimum tercapai pada penambahan sekitar 25% lempung.

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

- Gofar, N dan Kasim, KA. (2007) "Introduction to Geotechnical Engineering", Part I. Person Ed. Singapore
- Gofar, N dan Kasim, KA. (2007) "Introduction to Geotechnical Engineering", Part II. 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
- Hardiyatmo, Hary Christady (2010), "Mekanika Tanah 1", Cetakan Kelima, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Holtz, R.D., Kovacs, W.D. Sheahan, TC. (2011) "An Introduction to Geotechnical Engineering". 2nd Ed. Pearson.
- 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. dan Youn, H.. Jung (2018). "Effect of Clay Content on The Shear Strength Of Clay – Sand Mixture". International Journal of Geo – Engineering:9-19.
- Listyawan, AB., Renaningsih, Wiqoyah, Q., Pradana, A.G. (2020) "Sudut Tenang Pasir Pantai dan Pasir Merapi pada Kondisi Runtuh dengan Variasi Kadar Lempung". Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil 4(2):161-171.
- Listyawan, AB., Wiqoyah, Qunik., Eka Setyorini, Shely. (2019) "Pengaruh Variasi Penambahan Lempung Pada Tanah Pasir Terhadap Sudut Diam". Teknik Sipil universitas Muhammadiyah Surakarta. Simposium Nasional RAPI XVIII.
- Sagala, PSS. (2014). "Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung A-7 Terhadap Kuat Geser Tanah Pasir Sungai" Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan 2(2):231-237.
- 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