



HUBUNGAN BATAS CAIR DAN INDEKS PLASTISITAS TANAH LEMPUNG DISUBSTITUSI PASIR TERHADAP NILAI KOHESI TANAH PADA UJI GESER LANGSUNG

Ovit Yuvita Dewi*, Okrobianus Hendri, Fatma Sarie

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

*Corresponding Author, Email: ovityuvitadewi97@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung, menganalisis hubungan batas cair dan indeks plastisitas terhadap nilai kohesi (c) tanah yang telah diberi campuran pasir, dan menganalisis kuat geser tanah setelah dicampur dengan variasi campuran pasir sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung, kadar air (w) = 39,42%, berat isi tanah (γ_d) = 1,28 r/cm³, berat jenis (G_s) = 2,68, batas-batas Atterberg, Batas Cair (LL) = 42,72%, Batas Plastis (PL) = 25,02%, Batas Susut (SL) = 14,77%, Indeks Plastisitas (PI) = 17,70%, Analisis saringan persentase tanah lolos saringan No.200 = 52,46%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (7) yang termasuk ke dalam tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk dan menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL, lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang. Pada penelitian ini semakin kecil nilai batas cair dan indeks plastisitas akibat penambahan campuran pasir maka nilai kohesi tanah akan mengalami penurunan. Pengujian kuat geser langsung sampel tanah asli $\tau = 0,3439$ kg/cm² dan kuat geser sampel tanah dicampur pasir 10% = 0,2842 kg/cm². Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan campuran pasir pada tanah lempung mengakibatkan kuat geser tanah menurun.

Kata Kunci : Tanah Lempung, Pasir, Uji Geser Langsung, Indeks Plastisitas, Batas Cair.

ABSTRACT

This study aims to determine the physical and mechanical properties of clay, analyze the relationship between the liquid limit and plasticity index to the cohesion value (c) of soil that has been given a mixture of sand, and analyze the shear strength of the soil after being mixed with a variation of the sand mixture of 0%, 5%, 7.5% and 10%. The results of testing the physical properties of clay, water content (w) = 39.42%, soil density (γ_d) = 1.28 r/cm³, specific gravity (G_s) = 2.68, Atterberg limits, Liquid Limit (LL) = 42.72%, Plastic Limit (PL) = 25.02%, Shrinkage Limit (SL) = 14.77%, Plasticity Index (PI) = 17.70%, Sieve analysis percentage of soil passing filter No.200 = 52.46%. Based on the AASHTO classification, the soil is classified as clayey in group A-7-6 (7) which belongs to loam soils with moderate to poor conditions and according to the USCS system the soil belongs to the CL group, inorganic clays with low to moderate plasticity. In this study, the smaller the liquid limit value and the plasticity index due to the addition of a mixture of sand, the soil cohesion value will decrease. Testing the direct shear strength of the original soil sample = 0.3439 kg/cm² and the shear strength of the soil sample mixed with 10% sand = 0.2842 kg/cm². So it can be concluded that the addition of a mixture of sand to the clay causes the shear strength of the soil to decrease.

Keywords : Clay, Sand, Direct Shear Test, Plasticity Index, Liquid Limit

PENDAHULUAN

Tanah lempung lunak merupakan jenis tanah yang memiliki daya dukung rendah dan tinggi kompresibilitas, di mana tanah lempung lunak merupakan tanah yang memiliki kandungan mineral lempung dan kandungan air yang tinggi dengan kua geser tanah rendah (Rustam, et al, 2019). Tanah lempung merupakan tanah kohesif terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil. Berdasarkan sifat yang dimiliki tanah lempung termasuk material tanah dasar yang kurang baik. Oleh karena itu untuk meningkatkan daya dukung

tanah dapat menggunakan pasir sebagai bahan campuran, guna mengetahui hubungan dan pengaruh pasir pada setiap sampel tanah terhadap nilai kohesi tanah lempung tersebut. Semakin plastis kondisi tanah tersebut maka akan semakin besar daya lekatnya. Batas cair dan nilai indeks plastisitas tanah mempunyai pengaruh yang besar terhadap nilai kohesi (c) tanah serta sifat-sifat fisik dari tanah itu sendiri. Dengan demikian nantinya dapat diketahui pengaruh substitusi pasir pada batas-batas *Atterberg* dan nilai kohesi tanah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji *Direct Shear*. Pada uji *Direct Shear* akan dianalisis karakteristik sifat tanah lempung asli dan yang disubstitusi dengan pasir. Dengan demikian akan diketahui hubungan batas cair dan indeks plastisitas terhadap nilai kohesi (c) dari masing-masing sampel tanah yang telah disubstitusi dengan pasir.

Tanah sebagai material yang terdiri dari butiran mineral padat yang tidak tersementasi dan dari bahan organik yang sudah melapuk disertai gas dan zat cair yang mengisi ruang kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 1993). Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan dan tanah lempung memiliki koefisien permeabilitas yang sangat rendah (Terzaghi & Peck, 1987). Dalam pandangan teknik sipil tanah merupakan kumpulan bahan organik, mineral dan endapan yang relative lepas terletak diatas batu dasar (Hardiyatmo, 1992). Menurut Pratama, et al (2015) tanah lempung pada kondisi basah mempunyai kandungan air yang besar, dan tanah menjadi lunak, sehingga pada kondisi tersebut tanah lempung mempunyai kemampuan yang sangat rendah. Sehingga perlu dilakukan pencampuran pasir untuk melihat pengaruh peningkatan kuat geser pada tanah lempung tersebut.

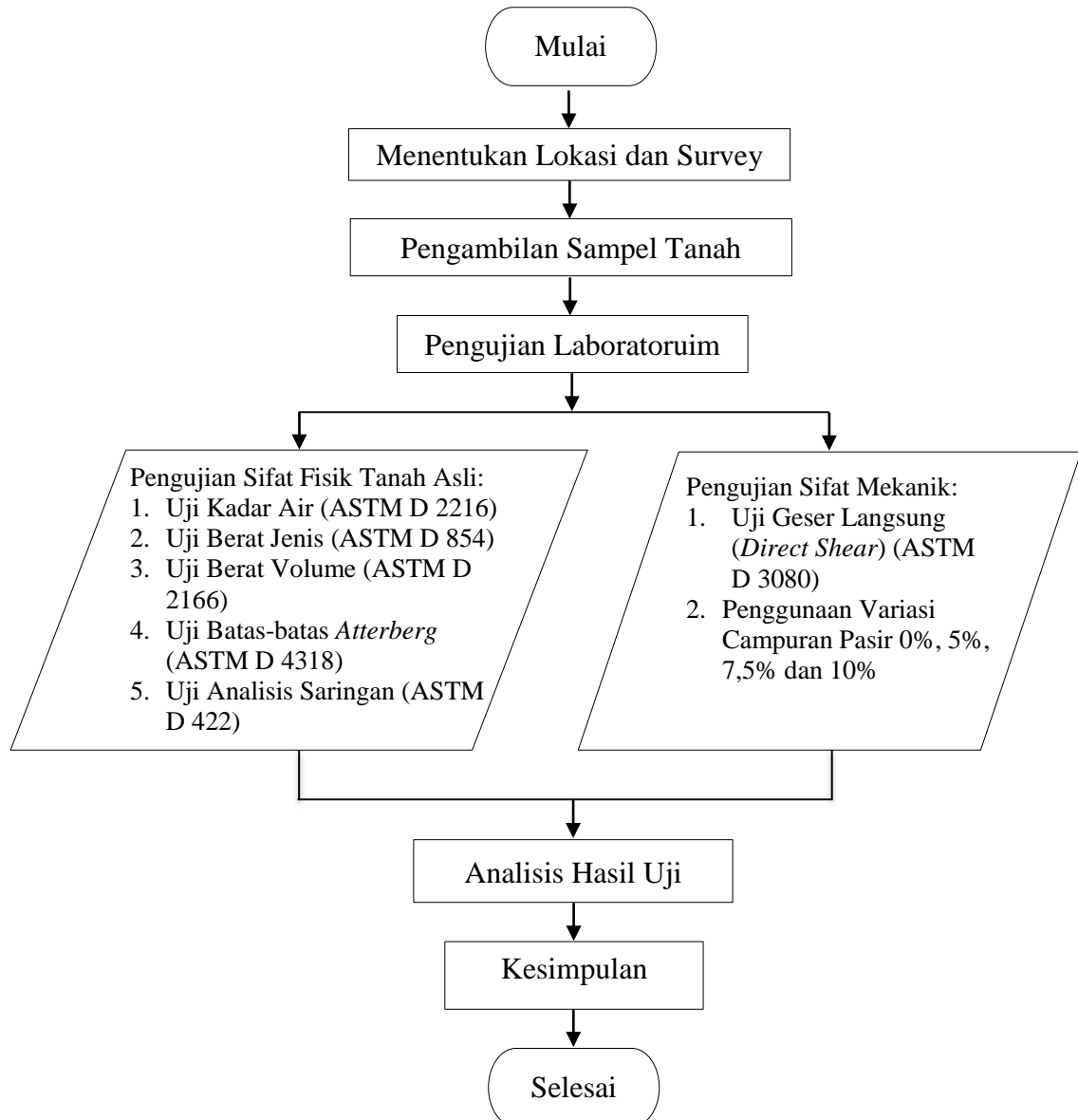
Pasir merupakan tanah non kohesif. Tanah non kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tanah non kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai satu cairan kental (Bowles, 1984). Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1995). Kekuatan geser suatu tanah dapat juga didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan (Smith, 1992). Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hardiyatmo, 2002).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Oktaviani, et al (2021) mengenai penambahan campuran abu ampas tebu, semen porland, dan abu terbang terhadap kuat geser dan daya dukung tanah dengan waktu pemeraman 1 dan 7 hari. Dimana lama waktu pemeraman sangat berpengaruh terhadap nilai kuat geser dan daya dukung tanah, semakin lama waktu pemeraman maka nilai kuat geser dan daya dukung tanah mengalami kenaikan. Amania, et al (2022) meneliti mengenai pengaruh penambahan pasir sirkon, abu kayu dan fly ash pada tanah lempung terhadap daya dukung dan kuat geser tanah. Dengan variasi campuran 5%, 10% dan 15% dan waktu pemeraman 3 dan 7 hari. Hasil dari pengujian yang dilakukan yaitu kenaikan nilai kuat geser dan daya dukung pada tanah lempung dipengaruhi oleh penambahan pasir sirkon, abu kayu dan *fly ash*. Pada penelitian yang dilakukan Verdiyanti, et al (2022) terhadap tanah lempung di kabupaten Mempawah

menyimpulkan bahwa semakin besar nilai batas cair (LL) dan nilai indeks plastisitas (IP) maka nilai kohesi (c) tanah lempung semakin mengecil.

METODE PENELITIAN

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung yang terdapat di daerah Kelurahan Tumbang Rungan, Kecamatan Pahandut Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Pelaksanaan pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik dan sifat mekanik pada tanah lempung. Tahap pengujian tersebut dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitiann

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian sifat fisik tanah dan pasir yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Pada Tanah Lempung Asli dan Pasir

| No | Jenis Pemeriksaan | Satuan | Hasil Pemeriksaan | |
|----|---|----------|-------------------|--------|
| | | | Lempung | Pasir |
| 1 | Kadar Air | % | 39,42 | 4,28 |
| 2. | Berat isi, isi pori, derajat kejenuhan | | | |
| | - Berat Volume/ berat isi kering (γ_d) | g/cm^3 | 1,28 | 1,65 |
| | - Angka Pori (e) | | 1,10 | 0,42 |
| | - Derajat Kejenuhan (S) | % | 96,88 | 27,00 |
| | - Porositas (n) | | 0,5234 | 0,2896 |
| 3 | Berat Jenis (Gs) | | 2,68 | 2,32 |
| 4 | Pemeriksaan analisa saringan | | | |
| | - Persentase tertahan di saringan No.200 | % | 47,54 | 91,37 |
| | - Lolos saringan No.200 | % | 52,46 | 8,63 |
| 5 | Batas-batas <i>Atterberg</i> | | | |
| | - LL (Batas Cair) | % | 42,72 | - |
| | - PL (Batas Plastis) | % | 25,02 | - |
| | - PI (Indeks Plastisitas) | % | 17,70 | - |
| 6 | Hidrometer | | | |
| | Cc | | 0,115 | 1,621 |
| | Cu | | 24,244 | 4,25 |

Sumber : Analisis Data (2022)

Klasifikasi Tanah

Menurut AASHTO tanah lempung yang terdapat di daerah Kelurahan Tumbang Rungan diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (7) yang termasuk ke dalam tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk, menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL, lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.

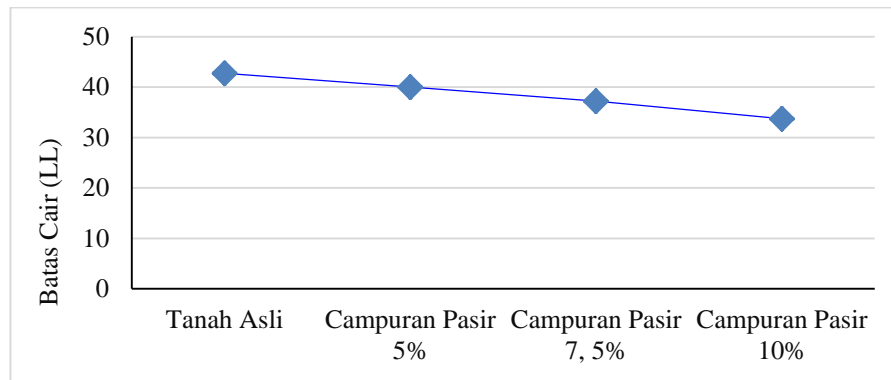
Hasil Pengujian *Atterberg* disubstitusi pasir

Batas *Atterberg* merupakan batas plastisitas tanah yang terdiri dari batas cair dan batas plastis tanah. Hasil dari pengujian batas *Atterberg* disubstitusi pasir yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian Batas *Atterberg* campuran Pasir

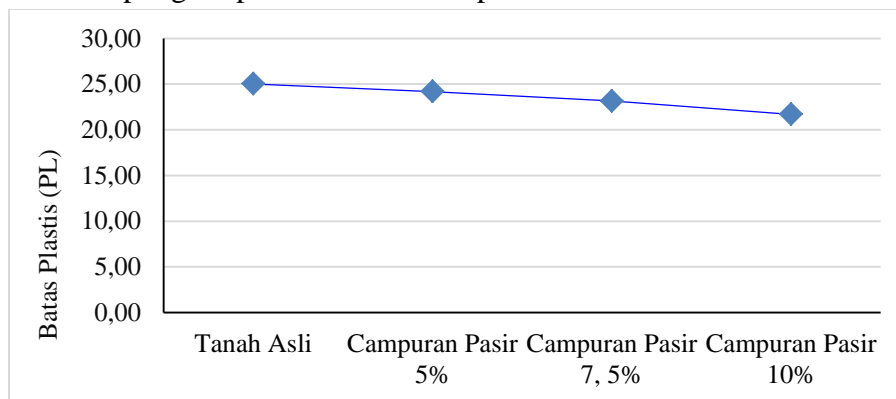
| Campuran | LL | PL | PI=LL-PL | SL |
|-------------------------|-------|-------|----------|-------|
| Tanah Asli | 42,72 | 25,02 | 17,70 | 14,77 |
| Tanah Asli + Pasir 5% | 40,00 | 24,19 | 15,81 | 13,10 |
| Tanah Asli + Pasir 7,5% | 37,21 | 23,15 | 14,06 | 11,86 |
| Tanah Asli + Pasir 10% | 33,70 | 21,69 | 12,01 | 9,31 |

Sumber : Analisis Data (2022)



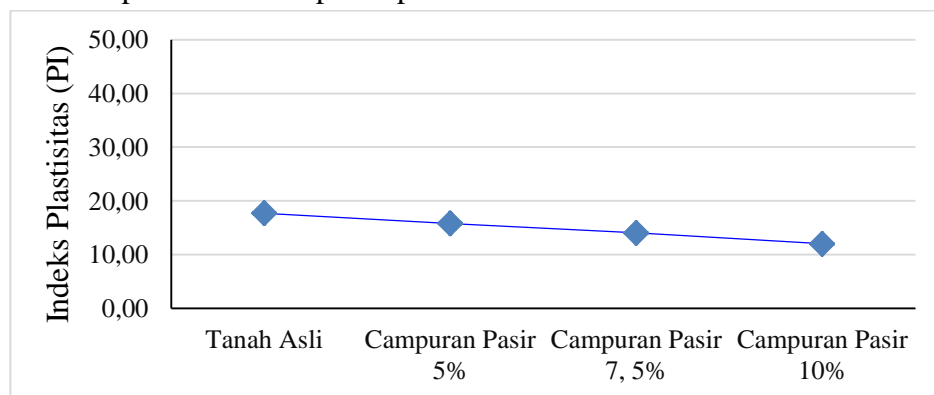
Gambar 2. Grafik Hubungan Batas Cair dan Variasi Campuran Pasir
 Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Pada gambar 2. dapat diketahui batas cair mengalami penurunan saat penambahan campuran pasir, hal ini disebabkan pasir yang tidak mengikat air dan mudah meloloskan air karena rongga pasir yang besar sehingga membutuhkan kadar air yang sedikit untuk merubah tanah lempung berpasir dari keadaan plastis ke keadaan cair.



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Plastis dan Variasi Campuran Pasir
 Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Pada gambar 3. Hasil data pengujian batas plastis (PL) sampel tanah asli sebesar 25,02 dan batas plastis (PL) sampel tanah asli dengan variasi campuran pasir 10% sebesar 21,69. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai batas plastis mengalami penurunan pada setiap penambahan persentase campuran pasir.



Gambar 4. Grafik Hubungan Indeks Plastisitas dan Variasi Campuran Pasir
 Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Dari gambar 4. menunjukkan grafik hubungan Indeks Plastisitas dengan variasi campuran pasir. Nilai Indeks Plastisitas (PI) terhadap sampel tanah asli adalah PI = 17,70%. Nilai Indeks Plastisitas (PI) terhadap sampel tanah asli dicampur pasir 10% adalah PI = 12,01%, maka dapat disimpulkan bahwa nilai indeks plastisitas mengalami penurunan setiap penambahan persentase pasir.

Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

Uji kuat geser langsung (*Direct Shear*) merupakan cara yang dilakukan dilaboratorium untuk mengetahui dan mengukur seberapa kuat tanah menerima gaya geser. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter sudut geser dalam (\emptyset) dan kohesi (c). Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam (\emptyset)

| Sampel | Variasi Campuran | Sudut Geser Dalam (\emptyset) | Kohesi (c) Kg/cm ² | Kuat Geser Tanah (kg/cm ²) |
|----------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Sampel 1 | Tanah Asli | 16,01 | 0,3202 | 0,3457 |
| Sampel 2 | Campuran Pasir 5% | 19,13 | 0,2889 | 0,3198 |
| Sampel 3 | Campuran Pasir 7,5% | 25,01 | 0,2655 | 0,3070 |
| Sampel 4 | Campuran Pasir 10% | 30,02 | 0,2365 | 0,2879 |

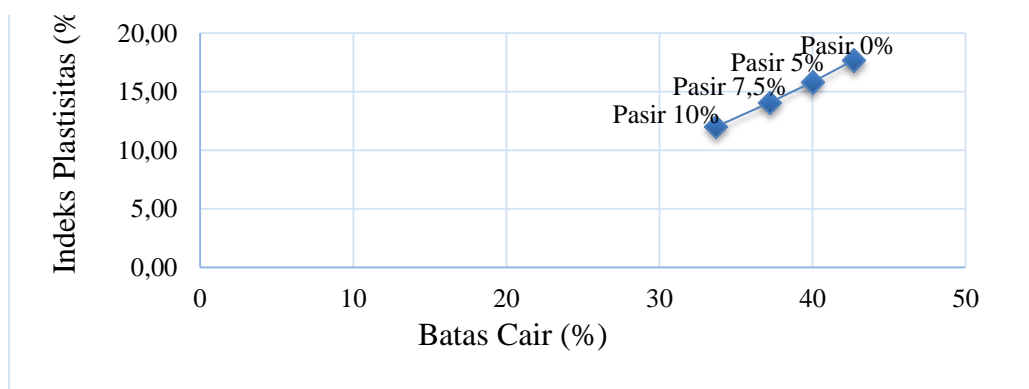
Dari Tabel 3. dapat dilihat kuat geser pada sampel tanah asli = 0,3457 kg/cm² dan kuat geser pada sampel tanah dengan variasi pasir 10% = 0,2879 kg/cm², dimana nilai kuat geser mengalami penurunan sebesar 16,72%. Kohesi pada sampel tanah asli c = 0,3202 kg/cm² dan nilai kohesi pada sampel tanah dengan variasi pasir 10% c = 0,2365, dimana nilai kohesi mengalami penurunan sebesar 26,14%.

Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas terhadap Nilai Kohesi Campuran Pasir

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam (\emptyset)

| Sampel | Variasi Campuran | Indeks Plastisitas (PI) | Batas Cair (LL) | Kohesi (c) Kg/cm ² |
|----------|----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Sampel 1 | Tanah Asli | 17,70 | 42,72 | 0,3202 |
| Sampel 2 | Campuran Pasir 5% | 15,81 | 40,00 | 0,2889 |
| Sampel 3 | Campuran Pasir 7, 5% | 14,06 | 37,21 | 0,2655 |
| Sampel 4 | Campuran Pasir 10% | 12,01 | 33,70 | 0,2365 |

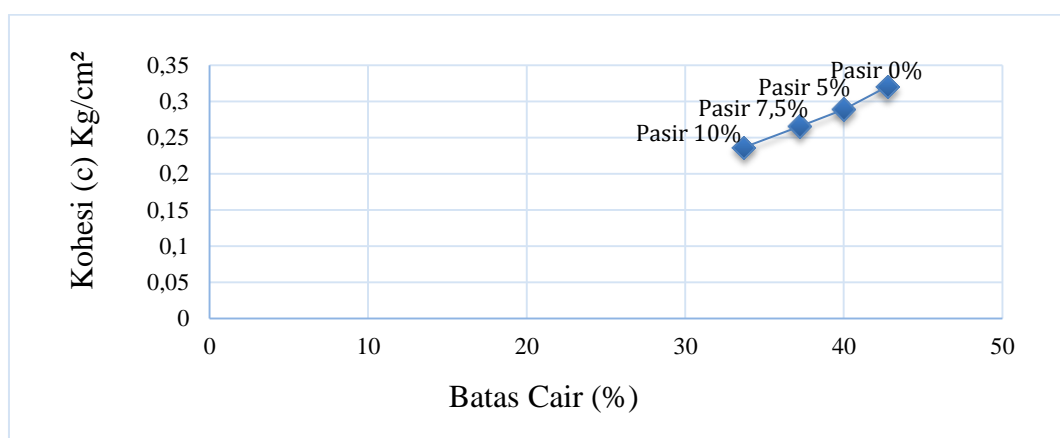
Sumber : Analisis Data (2022)



Gambar 5. Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

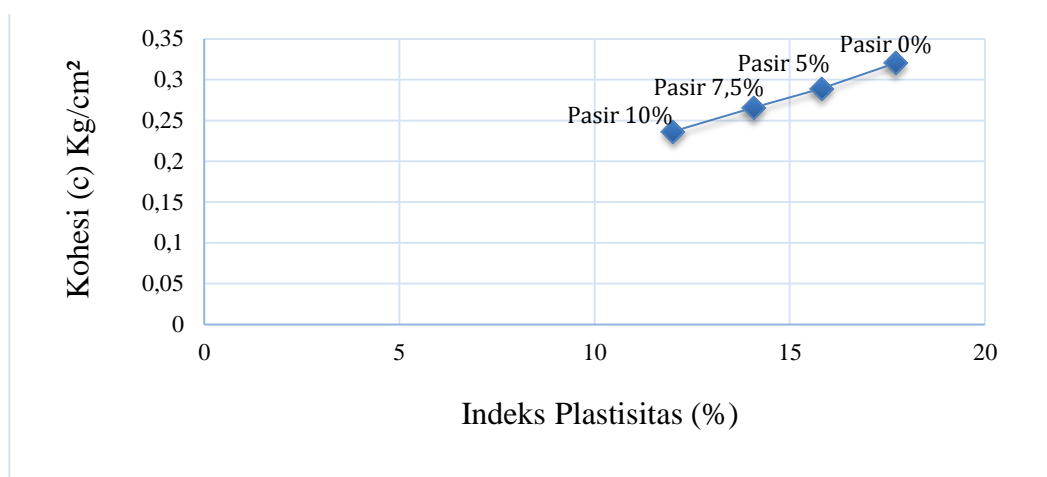
Dari gambar 5 dapat dilihat hasil uji batas cair tanah asli $LL = 42,72\%$ dan nilai kohesi $c = 0,3202 \text{ Kg/cm}^2$. Penambahan pasir sebanyak 5%, 7,5% dan 10% mengakibatkan penurunan nilai batas cair menjadi sebesar 40,00%, 37,21% dan 33,70%, nilai indeks plastisitas mengalami penurunan sebesar 17,70%, 15,81%, 14,06% dan 12,01%. Jadi dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan pasir nilai batas cair dan indeks plastisitas mengalami penurunan. Semakin banyak pasir pada campurannya maka nilai batas cairnya semakin kecil. Hal ini dikarenakan penambahan pasir menyebabkan kadar air pada campuran semakin berkurang sehingga menyebabkan campuran berada dalam keadaan batas cair yang lebih kecil dari semula. Demikian juga yang terjadi pada nilai batas plastis yang mengalami penurunan karena penambahan pasir menyebabkan plastisitas tanah berkurang daripada tanah asli (Sudarman, et al, 2016).



Gambar 6. Grafik Hubungan Batas Cair dan Nilai Kohesi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Dari gambar 6 dapat dilihat hasil uji batas cair tanah asli $LL = 42,72\%$ dan nilai kohesi $c = 0,3202 \text{ Kg/cm}^2$. Penambahan pasir sebanyak 5%, 7,5% dan 10% mengakibatkan penurunan nilai batas cair menjadi sebesar 40,00%, 37,21% dan 33,70%, nilai kohesi mengalami penurunan sebesar $0,2889 \text{ Kg/cm}^2$, $0,2655 \text{ Kg/cm}^2$, dan $0,2365 \text{ Kg/cm}^2$. Jadi dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan pasir nilai batas cair dan kohesi mengalami penurunan.. Penambahan pasir berpengaruh terhadap kohesi/lekatan antara butiran campuran, dimana dari nilai kohesi yang dihasilkan cenderung menurun dikarenakan penambahan pasir. Semakin banyak pasir yang ditambahkan dalam setiap campuran, maka nilai kohesi tanah campuran tersebut juga semakin menurun dibandingkan dengan nilai kohesi tanah aslinya. Menurunnya nilai kohesi disebabkan karena semakin banyaknya pasir sehingga mengurangi ikatan antar butiran-butiran tanah oleh pasir (Nurdian, et al, 2015)



Gambar 7. Grafik Hubungan Indeks Plastisitas dan Nilai Koheesi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Pada gambar 7 didapat nilai hasil uji indeks plastisitas tanah asli $PI = 17,70\%$ dan nilai koheesi $c = 0,3202 \text{ Kg/cm}^2$. Penambahan pasir sebanyak 5%, 7,5% dan 10% mengakibatkan penurunan nilai Indeks Plastisitas menjadi sebesar 15,81%, 14,06% dan 12,01%, nilai koheesi mengalami penurunan sebesar 0,2889 Kg/cm^2 , 0,2655 Kg/cm^2 , dan 0,2365 Kg/cm^2 . Jadi dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan pasir nilai indeks plastisitas dan koheesi mengalami penurunan. Menurut Ramadhani, et al (2015) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penambahan pasir akan mengakibatkan semakin menurunnya nilai Plastis Indeks dan nilai koheesi tanah.

KESIMPULAN

Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (7) yang termasuk ke dalam tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk, menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL, lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang. Nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah berpengaruh terhadap nilai koheesi tanah. Pada penelitian ini semakin kecil nilai batas cair dan indeks plastisitas akibat penambahan campuran pasir maka nilai koheesi tanah akan mengalami penurunan. Pada pengujian kuat geser penambahan variasi campuran pasir pada tanah mengakibatkan nilai kuat geser tanah menurun, semakin besar variasi campuran pasir maka nilai sudut geser dalam akan mengalami kenaikan dan nilai koheesi mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

Amania, A., Sarie, F., & Okrobianus, O. (2022). *Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah*. Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 3(2), 63–70. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v3n2.p63-70>

- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2216-98. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2166. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 422. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 4318-00. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 854-02. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 3080. Amerika: ASTM International
- Bowles, J.E. 1984. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah. (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Nurdian, S., Setyanto, S., & Afriani, L. (2015). *Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah dengan Menggunakan Uji Triaksial dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir*. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, 3(1), 13-25.
- Oktaviana, S. F., Sarie, F., & Hendri, O. (2021). *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu, Semen Portland, Dan Abu Terbang Terhadap Kuat Geser Dan Daya Dukung Tanah*. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), 67–77. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i1.5119>
- Pratama, A. W., Iswan, I., & Jafri, M. (2015). *Korelasi Kuat Tekan dengan Kuat Geser pada Tanah Lempung yang Didistribusi dengan Variasi Campuran Pasir*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(1), 157-170.
- Ramadhani, T., Iswan, I., & Jafri, M. (2015). *Hubungan Batas Cair dan Plastisitas Indeks Tanah Lempung yang Disubstitusi Pasir Terhadap Nilai Kohesi Tanah pada Uji Direct Shear*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(2), 291-302.
- Rustam, R. K., Resti, A., Purwanto, H., & Muhammad, F. (2019, September). *The effect of gypsum plafond waste on shear strength of soft clay soil*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 620, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
- Sudarman, A. R., Afriani, L., & Iswan, I. (2016). *Korelasi antara Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Tekan Geser langsung pada Tanah Lanau Disubstitusi dengan Pasir*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 4(2), 318-327.

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, 2, 1–373.

Verdiyanti, N. E., Mukti, E. T., & Rustamaji, R. M. (2022). *Hubungan Batas Cair Dan Indeks Plastisitas Terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Direct Shear Tanah Lempung Pada Kabupaten Mempawah*. JeLAST: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang, 9(1).



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License