

Analisis Pengaruh Belerang Sebagai Bahan Campuran Perbaikan Kuat Geser Tanah

Erhan Muhammad Farhan^{1*}, Amris Azizi¹, Besty Afriandiny¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto¹

Email: muhammadfa318@gmail.com*

Abstrak. Pada prinsipnya kebutuhan akan lahan semakin meningkat sedangkan luasan lahan cenderung tetap, di sisi lain kebutuhan akan lahan terbangun terus meningkat seiring dengan kegiatan manusia. Tanah yang stabil tentunya sangat dibutuhkan dalam sebuah pembangunan. Belerang sebagai salah satu hasil bumi yang ada di Indonesia masih belum dapat dimanfaatkan secara maksimal terutama pada bidang teknik sipil khususnya pada bidang geoteknik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mendalam mengenai manfaat belerang ini dalam dunia teknik sipil. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh pencampuran belerang terhadap kuat geser tanah pada uji kuat geser langsung dan mengetahui pada perbandingan berapa campuran belerang yang menghasilkan kuat geser tanah terbesar. Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah yang diberikan bahan stabilisasi kimiawi berupa penambahan belerang dengan beragam variasi campuran. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Penambahan belerang pada prosentase 2%, 3%, dan 5% meningkatkan nilai kohesi tanah dibandingkan tanah asli. Pada penambahan belerang dengan prosentase 6% dan 7% menurunkan nilai kohesi dari tanah asli. Peningkatan kohesi tanah terbesar terjadi pada campuran 2% dengan peningkatan sebesar 86,95%. Prosentase 2% meningkatkan nilai kuat geser tanah terbesar yaitu sebesar 46,598 kPa dan 52,953 kPa dari nilai kuat geser tanah asli 29,654 kPa dan 48,716 kPa.

Kata Kunci : belerang, kuat geser, tanah

Abstrack. *In principle, the need for land is increasing while the land area tends to be the same, on the other hand, the need for built-up land continues to increase along with human activities. Stable soil is of course very much needed in development. Sulfur as one of the natural products in Indonesia cannot be used optimally, especially in the field of civil engineering, especially in the field of geotechnical engineering. Therefore, an in-depth research is needed regarding the benefits of this sulfur in the world of civil engineering. The purpose of this study was to find out how the effect of mixing sulfur on the soil shear strength in the direct shear strength test and to find out at what ratio the sulfur mixture produced the greatest soil shear strength. This research was conducted on soil samples that were given a chemical stabilizing agent in the form of the addition of sulfur with a variety of mixtures. This research was conducted using experimental methods in the laboratory. The addition of sulfur at the percentage of 2%, 3%, and 5% increases the soil cohesion value compared to the original soil. The addition of sulfur with*

a percentage of 6% and 7% decreases the cohesion value of the original soil. The greatest increase in soil cohesion occurred in the 2% mixture with an increase of 86.95%. The percentage of 2% increases the largest shear strength values of 46.598 kPa and 52.953 kPa from the original soil shear strength values of 29.654 kPa and 48.716 kPa.

Keyword : sulfur, shear strength, soil

1. Pendahuluan

Bagi seorang *engineer sipil*, lahan tidak dapat terlepas dari pengertian tanah, terutama tanah yang dipandang sebagai ruang muka bumi, yang dapat dilihat sebagai benda yang dapat diukur dengan ukuran berat atau volume (tiga dimensi), juga sebagai muka bumi yang memiliki ukuran luas (Ha, m², tumbak, dan lain-lain). Pada prinsipnya kebutuhan akan lahan semakin meningkat sedangkan luasan lahan cenderung tetap, disisi lain kebutuhan akan lahan terbangun terus meningkat seiring dengan kegiatan manusia yang beragam. Hubungan antara kebutuhan akan tempat tinggal dengan ketersediaan lahan adalah salah satu contoh permasalahan yang dihadapi umat manusia saat ini. Oleh karena itu di kemudian hari bukan tidak mungkin lahan akan menjadi sumber daya yang langka. Tanah yang stabil tentunya sangat dibutuhkan dalam sebuah pembangunan kawasan sehingga sebuah lahan tidak memerlukan penanganan khusus sebelum digunakan. Akan tetapi, pada praktiknya tidak semua lahan yang akan digunakan untuk mendirikan sebuah bangunan memiliki kondisi tanah yang diinginkan. Perlakuan khusus guna memperbaiki kondisi tanahnya dalam hal ini wajib dilakukan. Dalam perkerayaan konstruksi bangunan sipil, sering ditemukan lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah (*low strength*), yang sangat mempengaruhi berbagai tahapan rancang bangun konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (*design*), tahap pelaksanaan (*perform*), maupun tahap operasional dan pemeliharaan (*operational and maintenance*). Kohesifitas dan konsistensi tanah sangat menentukan kinerja dari lapisan tanah dalam berbagai hal seperti besaran daya dukung tanah, kapasitas permeabilitas, perilaku kompresibilitas, dan potensi kembang susut (*swelling potential*) tanah (Darwis, 2014). Dalam pengertian teknis, daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan dan/atau melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang disebarkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Disisi lain belerang sebagai salah satu hasil bumi yang ada di Indonesia masih belum dapat dimanfaatkan secara maksimal terutama pada bidang teknik sipil khususnya pada bidang geoteknik. Pada umumnya belerang dimanfaatkan sebagai bahan kecantikan atau perawatan kulit. Oleh karena itu diperlukan penelitian mendalam mengenai manfaat belerang ini dalam dunia konstruksi teknik sipil. Semua tindakan mengubah sifat-sifat asli dari pada tanah, untuk disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi adalah merupakan tindakan yang dapat dikategorikan sebagai upaya stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara mekanis, fisis dan kimiawi (*modification of admixture*). Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah sering disebut juga stabilisasi kimia yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, dengan cara mencampur tanah menggunakan bahan sesuai perbandingan tertentu. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perbaikan kuat geser tanah dengan penambahan belerang sebagai bahan stabilisator yang diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanis dari sampel tanah sehingga didapat tanah yang memenuhi syarat teknis penggunaan pada konstruksi di lapangan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah yang diberikan bahan stabilisasi kimiawi berupa penambahan belerang dengan beragam variasi campuran. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Dalam pengumpulan data yang diperlukan, dilakukan penelitian melalui percobaan-percobaan di laboratorium sesuai

dengan sampel yang dipakai. Pengambilan material belerang (sulfur) diperoleh dari toko bahan kimia yang dapat diakses melalui aplikasi daring maupun secara langsung. Sampel tanah yang digunakan adalah jenis sampel tanah terganggu atau *disturbed sample*. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan linggis. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,8-1 m. Lokasi pengambilan sampel tanah yaitu diambil dari daerah sempadan Sungai Arca, Desa Arcawinangun, Purwokerto Timur.

3. Hasil Penelitian

3.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan pada jenis tanah asli atau tanah tanpa tambahan bahan campur belerang. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik tanah asli pada kondisi lapangan sekaligus mengetahui klasifikasi tanah. Hasil dari pengujian sifat-sifat fisik tanah tersaji dalam tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah

| No | Pengujian | Hasil |
|----|--------------------|--------|
| 1 | Kadar air | 54,25% |
| 2 | Berat jenis | 2,263 |
| 3 | Batas cair | 56,96% |
| 4 | Batas plastis | 48,49% |
| 5 | Indeks Plastisitas | 8,47% |
| 6 | Batas susut | 42,60% |

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan dan plastisitasnya. Tujuan dari pengklasifikasian tanah ini adalah untuk memungkinkan memperkirakan sifat fisis tanah dengan mengelompokkan tanah dengan kelas yang sama yang sifat fisisnya diketahui dan menyediakan sebuah metode yang akurat mengenai deskripsi tanah. Analisis saringan pada pengujian ini mengacu pada SNI 03-1976-1990.

Tabel 2. Data Hasil Uji Saringan

| Ayakan | Diameter Ayakan (mm) | Berat Tertahan (gr) | Berat Tertahan Kumulatif (gr) | Berat Lolos | Persen tertahan (%) | Persen Tertahan Kumulatif (%) | Persen Lolos (%) |
|--------|----------------------|---------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| 4 | 4,75 | 7,2 | 7,2 | 991,1 | 0,7 | 0,7 | 99,3 |
| 8 | 2,36 | 87,5 | 94,7 | 903,6 | 8,8 | 9,5 | 90,5 |
| 20 | 0,85 | 116,3 | 211,0 | 787,3 | 11,6 | 21,1 | 78,9 |
| 40 | 0,425 | 183,4 | 394,4 | 603,9 | 18,4 | 39,5 | 60,5 |
| 60 | 0,25 | 175,7 | 570,1 | 428,2 | 17,6 | 57,1 | 42,9 |
| 80 | 0,18 | 97,8 | 667,9 | 330,4 | 9,8 | 66,9 | 33,1 |
| 100 | 0,15 | 75,6 | 743,5 | 254,8 | 7,6 | 74,5 | 25,5 |
| 200 | 0,075 | 116,6 | 860,1 | 138,2 | 11,7 | 86,2 | 13,8 |
| pan | | 138,2 | 998,3 | 0,0 | 13,8 | 100,0 | 0,0 |
| | | 998,3 | | | 100,0 | | |

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

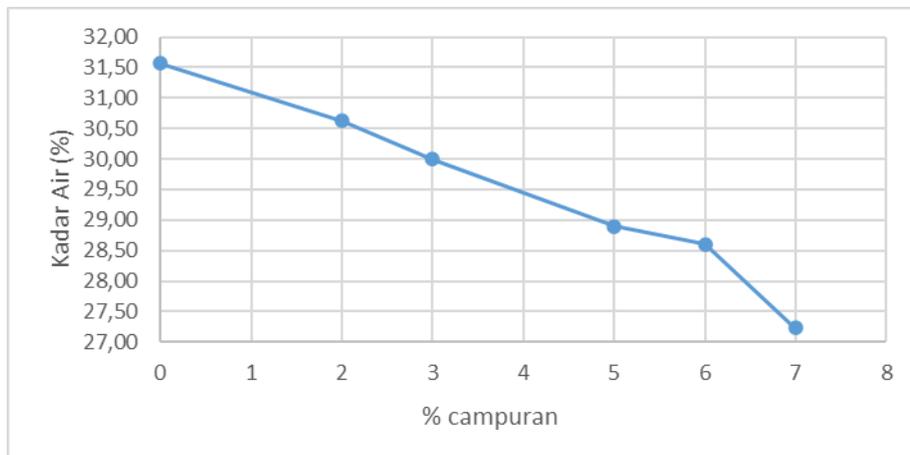
Dari data hasil uji saringan didapatkan nilai persen lolos saringan nomor 200 adalah 13,8% atau $< 50\%$ dan persen lolos saringan nomor 4 adalah 99,3% atau $> 50\%$. Berdasarkan klasifikasi tanah sistem USCS, maka tanah tersebut masuk kedalam divisi pasir. Dari data nilai index plastisitasnya (PI) > 7 , tanah diklasifikasikan ke dalam jenis pasir berlanau, campuran pasir-lempung, disimbolkan dengan huruf SC. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, karakteristik fraksi melalui nomor 40 dengan batas cair 56,96% atau $\geq 41\%$ dan dengan nilai indeks plastisitas (PI) 7,81% atau $\leq 10\%$ maka tanah diklasifikasikan ke dalam kelompok A-2-5 atau kerikil dan pasir berlanau atau berlempung.

3.3 Pengujian Sifat Mekanis Tanah.

Pengujian sifat mekanis tanah dalam penelitian ini terdiri dari pengujian kepadatan menggunakan *proctor standard test* dan pengujian kuat geser tanah menggunakan alat uji kuat geser langsung atau *direct shear test*.

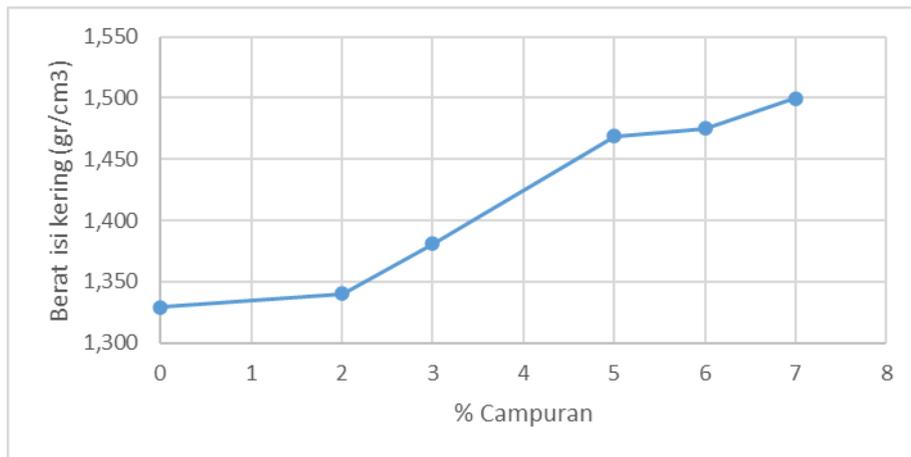
3.3.1 Uji Kepadatan Tanah

Pengujian kepadatan tanah dimaksudkan untuk memperoleh nilai kadar air optimum (W_{opt}) dan berat isi kering (γ_d). Dalam pengujian ini diperoleh hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Prosedur yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 1742:2008 tentang cara uji kepadatan ringan untuk tanah. Dibutuhkan 5 kali pengujian untuk setiap sampel tanah sehingga total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 30 buah benda uji. Hubungan antara prosentase penambahan belerang dengan nilai kadar air tanah pada pengujian standar proctor dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Hubungan Antara Kadar Air dengan Prosentase Campuran Belerang

Dari grafik hubungan antara kadar air dengan prosentase campuran belerang diatas, dapat diketahui bahwa penambahan belerang memengaruhi nilai kadar air tanah, dimana nilai kadar air tanah terus mengalami penurunan dari kadar air tanah asli seiring penambahan belerang. Hubungan antara prosentase penambahan belerang dengan nilai berat isi kering tanah pada pengujian standar proctor dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Hubungan Antara Berat Isi Kering dengan Prosentase Campuran Belerang

Dari grafik hubungan antara berat isi kering dengan prosentase campuran belerang diatas, dapat diketahui bahwa penambahan belerang memengaruhi nilai berat isi kering tanah, dimana nilai berat isi kering tanah terus mengalami peningkatan dari berat isi kering tanah asli seiring penambahan belerang. Hasil dari pengujian kadar air tanah tersaji pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Kepadatan Tanah

| Sampel | Berat isi kering (γ_d maks) | Kadar air optimum (W_{opt}) |
|--------|--|------------------------------------|
| | gr/cm ³ | % |
| A | 1,329 | 31,57 |
| B2 | 1,340 | 30,62 |
| B3 | 1,381 | 30,00 |
| B5 | 1,470 | 28,90 |
| B6 | 1,475 | 28,46 |
| B7 | 1,500 | 27,24 |

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

3.3.2 Uji Kuat Geser Tanah

Pengujian kuat geser tanah dilakukan menggunakan alat *electric direct shear test*. Sebelum dilakukan pengujian kuat gesernya, tanah harus terlebih dahulu dilakukan pencetakan pada ring yang sesuai dengan data kepadatan tanah yang telah dilakukan sehingga diperoleh kepadatan terbesar sesuai dengan kadar campuran belerang yang telah ditentukan. Pengujian ini mengacu pada SNI. 3420:2016 tentang metode uji kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase.

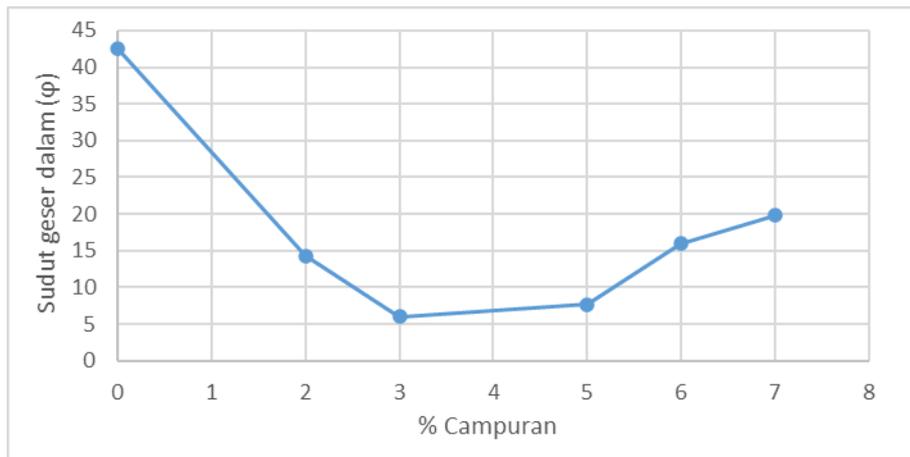
Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Geser Tanah

| Benda uji | ϕ | C | τ | | |
|--------------------------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | ...° | kPa | $\sigma_1 = 10,08$ kPa | $\sigma_2 = 20,16$ kPa | $\sigma_3 = 40,31$ kPa |
| Tanah Asli + 0% belerang | 42,481 | 24,358 | 29,654 | 48,716 | 59,307 |

| Benda uji | ϕ | C | τ | | |
|--------------------------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | ...° | kPa | $\sigma_1 = 10,08$ kPa | $\sigma_2 = 20,16$ kPa | $\sigma_3 = 40,31$ kPa |
| Tanah Asli + 2% belerang | 14,316 | 45,539 | 46,598 | 52,953 | 55,071 |
| Tanah Asli + 3% belerang | 5,999 | 41,303 | 40,244 | 46,598 | 44,480 |
| Tanah Asli + 5% belerang | 7,695 | 34,949 | 36,008 | 38,126 | 40,244 |
| Tanah Asli + 6% belerang | 15,920 | 22,240 | 25,417 | 27,535 | 33,890 |
| Tanah Asli + 7% belerang | 19,813 | 19,063 | 23,299 | 25,417 | 33,890 |

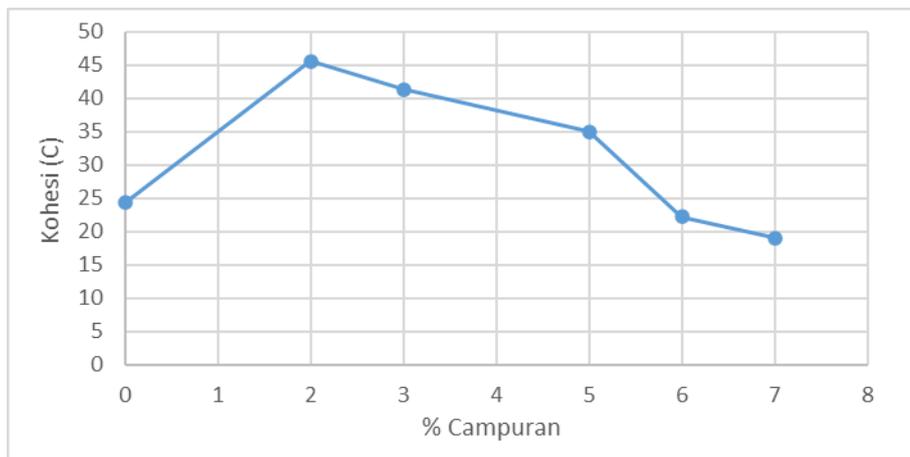
Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Tabel diatas kemudian diplot pada grafik untuk mengetahui hubungan antara penambahan belerang terhadap kohesi, sudut geser, dan kuat geser tanahnya.



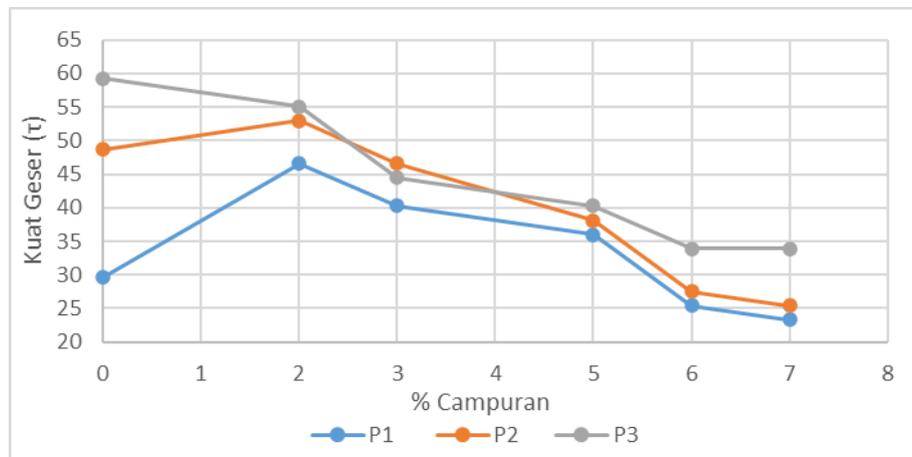
Gambar 3. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Prosentase Campuran Belerang

Grafik hubungan antara sudut geser dalam dengan prosentase campuran belerang diatas dapat diartikan bahwa secara umum penambahan belerang untuk setiap jenis variasi menurunkan nilai sudut geser dalam dibandingkan tanah asli, sudut geser dalam terkecil terjadi pada tanah dengan campuran belerang 3% yaitu sebesar 5,998°. Hubungan antara kohesi tanah dengan prosentase campuran belerang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Hubungan Antara Kohesi Tanah dengan Prosentase Campuran Belerang

Grafik hubungan antara sudut geser dalam dengan prosentase campuran belerang diatas dapat diartikan bahwa secara umum penambahan belerang untuk setiap jenis variasi menurunkan nilai sudut geser dalam dibandingkan tanah asli, sudut geser dalam terkecil terjadi pada tanah dengan campuran belerang 3% yaitu sebesar 5,998°. Hubungan antara kohesi tanah dengan prosentase campuran belerang dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 5. Hubungan Antara Kuat Geser Tanah dengan Prosentase Campuran Belerang

Grafik diatas terlihat bahwa penambahan belerang dengan prosentase 2%, 3%, dan 5% meningkatkan nilai kohesi tanah dibandingkan tanah asli terbesar yaitu sebesar 45,539 kPa. Pada penambahan belerang dengan prosentase 6% dan 7% menurunkan nilai kohesi dari tanah asli. Peningkatan kohesi tanah terbesar terjadi pada campuran 2% dengan peningkatan sebesar 86,95%. Penurunan nilai kohesi tanah terbesar terjadi pada campuran 7% dengan penurunan sebesar 21,73%.

Grafik diatas terlihat bahwa penambahan belerang dengan prosentase 2% meningkatkan nilai kuat geser tanah terbesar yaitu sebesar 46,598 kPa dan 52,953 kPa pada nilai σ_1 dan σ_2 . Prosentase campuran 2%, 3%, dan 5% meningkatkan kuat geser tanah asli dengan peningkatan terbesar pada prosentase 2% sebesar 57,14% dan 8,69%. Sedangkan penambahan belerang dengan prosentase 6% dan 7% menurunkan nilai kuat geser dari tanah asli. Prosentase campuran 6% dan 7% menurunkan nilai kuat geser tanah asli, dengan penurunan terbesar pada prosentase 7% sebesar 21,43% dan 47,82%. Pada nilai σ_3 kuat geser tanah mengalami penurunan pada semua prosentase campuran dengan penurunan terbesar pada prosentase 7% sebesar 42,85%.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Pada pengujian laboratorium dengan alat Direct Sheart Test (DST) yang telah dilakukan didapat nilai tegangan maksimal dan tegangan geser seperti berikut : Pada saat beban 3,167 kg, $\sigma = 10,08$ kPa, $\tau = 46,598$ kPa, pada saat beban 6,334 kg, $\sigma = 20,16$ kPa, $\tau = 52,953$ kPa, pada saat beban 12,668 kg, $\sigma = 40,31$ kPa, $\tau = 59,307$ kPa.
- Penambahan belerang yang dapat meningkatkan nilai kuat geser terbesar pada tanah yaitu pada variasi 2% dengan nilai 46,598 kPa dan 52,953 kPa.

Daftar Pustaka

- BSN. (2008). SNI 1742-2008 Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2008). SNI 1964-2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2008). SNI 1965-2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2008). SNI 1966-2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

- BSN. (2008). SNI 1967-2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2008). SNI 3422-2008 Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2015). SNI 6371-2015 Tata Cara Pengklasifikasin Tanah Untuk Keperluan Teknik Dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2016). SNI 3420-2016 Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Darwis, H. (2017), Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah. Yogyakarta, Pustaka AQ.
- Das, B.M. (1991), Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid I, diterjemahkan oleh: Mochtar, N. E. & Mochtar, I. B. Jakarta, Erlangga.
- Deliyanto, B., dkk. (2014), Manajemen Lahan. Edisi kedua, Jakarta, Univeritas Terbuka.
- Triutami, S., dkk. (2021), Pengaruh Campuran Belerang dan Semen Portland Terhadap Uji Geser Langsung dan Kuat Tekan Bebas Tanah Gambut. Spectrum Sipil. Vol. 8. No.2. September 2021. ISSN 1858-4896.
- Hardiyatmo, H.C. (2017), Mekanika Tanah 1, Edisi ketujuh, Yogyakarta, UGM Press.
- Hardiyatmo, H.C. (2018), Mekanika Tanah 2, Edisi keenam, Yogyakarta, UGM Press.
- Hardiyatmo, H.C. (2020), Perbaikan Tanah, Yogyakarta, UGM Press.
- Purnomo, S.J.E. & Soedarmo, G.D. Mekanika Tanah 1, (1993), Malang. Kanisius.
- Rompas, C.T. dkk. (2018), Pengaruh Belerang Terhadap Kuat Geser Tanah, Jurnal Sipil Statik. Vol. 6 No.10. Oktober 2018. ISSN: 2337-6732.
- Tulung, B.A., dkk. (2021), Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Arang Tempurung Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif, Tekno. Vol. 19. No. 77. April 2021.
- Wardana, I.G.N. (2013), Penggunaan Belerang dan Arang Kayu Sebagai Bahan Perbaikan Tanah Dasar Konstruksi Jalan Raya. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol. 17. No. 2. Juli 2013