

PENGARUH PENCAMPURAN LIMBAH KARBIT TERHADAP STABILISASI SWELLING VOLUMETRIK (3D) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Antonius Diki Oematan¹, Agus Tugas Sudjianto^{2*}, Riman³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

*Email Korespondensi: agustugas@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki sifat kembang susut yang sangat tinggi. Volume pori tanah lempung ekspansif akan mengalami pembesaran ketika terjadi musim kemarau sehingga akan terjadi proses penyusutan, sedangkan volume tanah akan mengalami pengembangan ketika terjadi musim hujan. Bila suatu konstruksi dibangun di atas tanah lempung ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan yang berakibat buruk bagi konstruksi tersebut. Untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif bisa dilakukan dengan metode stabilisasi tanah secara kimiawi dengan memanfaatkan limbah dari bengkel las karbit yang tidak digunakan. Pada penelitian ini akan menggunakan limbah karbit sebagai bahan stabilisasi swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif di daerah Kecamatan Tirtoyudo. Komposisi campuran limbah karbit dan tanah lempung ekspansif yang akan digunakan adalah Tanah 100% + limbah karbit 0%, tanah 95% + limbah karbit 5%, tanah 90% + limbah karbit 10%, tanah 85% + limbah karbit 15% dan tanah 80% + limbah karbit 20%. Pengujian yang dilakukan pada tanah lempung ekspansif Tirtoyudo meliputi uji sifat fisis, sifat mekanis dan uji swelling volumetrik (3D). Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapat nilai swelling volumetrik tanah lempung ekspansif dengan penambahan limbah karbit 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, nilai swelling volumetrik yang dihasilkan adalah 20,93%, 16,68%, 10,37%, 13,68%, dan 6,18%.

Kata kunci : Stabilisasi Tanah, Swelling Volumetrik, Limbah Karbit.

ABSTRACT

Expansive clay is a type of soil that has very high swelling and shrinkage properties. The pore volume of expansive clay will increase during the dry season so that a shrinkage process will occur, while the volume of the soil will experience expansion during the rainy season. If a construction is built on an expansive clay soil, there will be damage that is bad for the construction. To improve the expansive clay soil can be done by chemical soil stabilization method by utilizing waste from the carbide welding workshop that is not used. In this study, carbide waste will be used as a stabilizing agent for swelling volumetric (3D) expansive clay soil in the Tirtoyudo sub-district. The composition of the mixture of waste carbide and expansive clay to be used is 100% soil + 0% carbide waste, 95% soil + 5% carbide waste, 90% soil + 10% carbide waste, 85% soil + 15% carbide waste and 80 soil % + 20% carbide waste. Tests carried out on Tirtoyudo expansive clay include physical properties, mechanical properties and volumetric (3D) swelling tests. From the research that has been carried out, the volumetric swelling value of expansive clay with the addition of carbide waste 0%, 5%, 10%, 15% and 20%, the resulting volumetric swelling value is 20.93%, 16.68%, 10.37 %, 13.68%, and 6.18%.

Keywords : Soil Stabilization, Volumetric Swelling, Carbide Waste.

1. PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif merupakan contoh jenis tanah yang dapat merusak konstruksi bangunan, karena mempunyai kemampuan kembang susut yang sangat tinggi. Banyak proses pengembangan pada tanah lempung ekspansif yang ada di lapangan terjadi pada arah tiga dimensi (*swelling volumetrik*). Negara kita terletak di Daerah Tropis, sehingga selalu terjadi siklus pembasahan dan pengeringan akibat musim hujan dan kemarau. Akibatnya pada daerah yang mempunyai Tanah Dasar Ekspansif akan terjadi kembang susut akibat perubahan kadar air dan

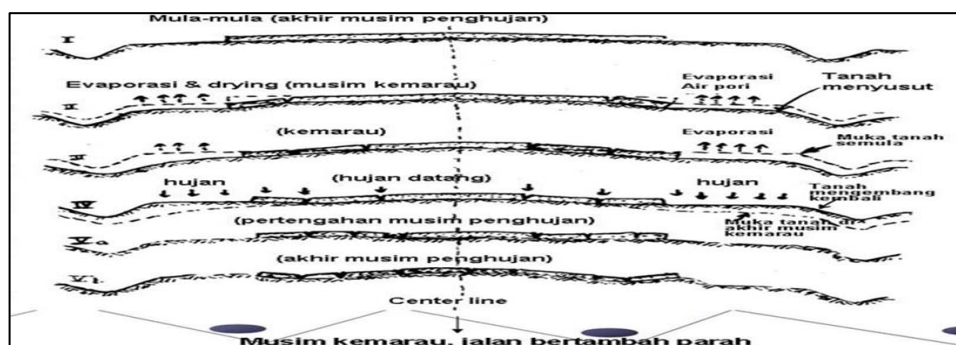
suction [1]. Untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif bisa dilakukan dengan cara stabilisasi tanah secara kimiawi dengan memanfaatkan limbah dari bengkel las karbit yang tidak digunakan. Limbah karbit digunakan karena mempunyai kandungan unsur kimia CaO yang sangat tinggi. Kandungan kapur (CaO) yang dimiliki oleh limbah karbit merupakan unsur yang dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung ekspansif, yang akan memproduksi ion-ion kalsium tinggi yang bisa mengikat dan berada di sekeliling partikel-partikel tanah lempung ekspansif sehingga bisa mengurangi tarikan terhadap partikel air. CaO tersebut bisa membuat perbaikan terhadap sifat-sifat tanah khususnya tanah yang memiliki ukuran diameter butiran halus seperti tanah lempung ekspansif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap sifat fisis dan mekanis tanah lempung ekspansif dan pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap swelling volumetrik tanah lempung ekspansif. Setelah mengetahui hal-hal tersebut, maka dapat diketahui persentase campuran limbah karbit yang paling bagus yang bisa digunakan sebagai referensi perbaikan tanah lempung ekspansif yang akan datang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung Ekspansif

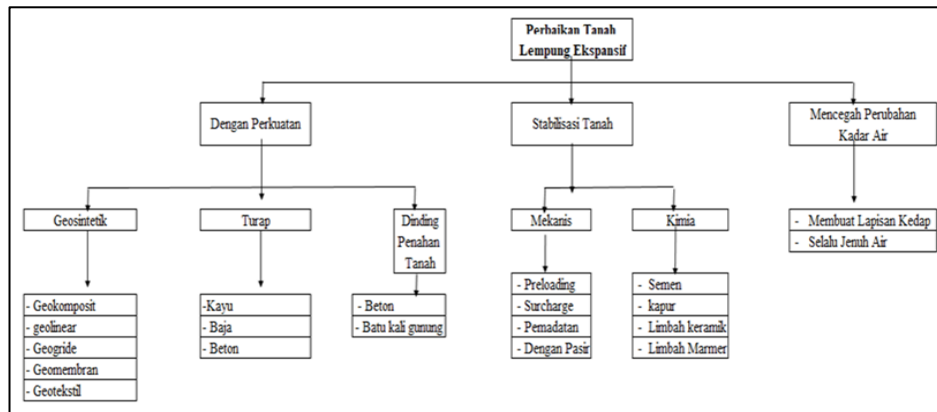
Pada umumnya tanah lempung ekspansif yang berada di berbagai belahan dunia berada pada keadaan tidak jenuh selama musim kemarau terjadi, berbeda dengan kandungan mineral lempung yang sangat tinggi membuat volume mengalami perubahan yang signifikan, jika terjadi pembasahan tanah. Konstruksi yang di bangun di atas permukaan tanah lempung ekspansif banyak mengalami kehancuran yang diakibatkan oleh perubahan volume. Victorine, dkk. (1997) menyatakan bahwa transformasi volume pada bagian yang paling dalam tanah lempung ekspansif sangat sulit terjadi [2]. Transformasi volume pada umumnya berlangsung di beberapa meter atas deposit tanah, yang dipengaruhi oleh kadar air akibat berubahnya iklim pertimbangan pada desain pondasi struktur [3]. Menurut Soehardi (2017) Tanah Lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup rumit. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesi pada tanah berbutir halus jenis lempung. Tanah Lempung yang mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi disebut lempung ekspansif [4]. Tanah lempung ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti jalan bergelombang, retaknya dinding, dan terangkatnya pondasi.

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik [5]. Tanah berbutir halus yang mempunyai ukuran koloidal yang dibentuk akibat dari mineral-mineral ekspansif (*montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, *halloysite*, *chlorite*, *vermiculite* dan *attapulgite*) merupakan pengertian dari tanah lempung ekspansif. Tanah ini mempunyai kemampuan kembang susut yang besar, jika terjadi perubahan kadar air. Sifat kembang susut yang dimiliki oleh tanah lempung ekspansif ini berkaitan langsung dengan kadar mineral lempung terutama mineral *montmorillonite* dan *illite*. Apabila kadar mineral lempung meningkat, akan mengakibatkan luas permukaan meningkat, dan batas cair serta indeks plastisitas juga akan meningkat, akibatnya kemampuan kembang susut tanah lempung ekspansif akan mengalami peningkatan [3].



Gambar 1. Mekanisme Kerusakan Jalan Kembang Susut [6]

Terdapat tiga metode untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif, yaitu : stabilisasi tanah, mencegah terjadinya proses perubahan kadar air tanah dan memberikan penambahan perkuatan tanah. Metode stabilisasi dengan menggunakan bahan kimia merupakan metode yang paling menghemat anggaran biaya dan banyak dikembangkan saat ini [7]. Stabilisasi yang dilakukan secara kimia biasanya banyak memanfaatkan bahan aditif, contohnya : kapur, semen, fly ash, aspal. Bahan aditif tersebut merupakan *pozzolan* yang dapat memadatkan tanah lempung ekspansif bila diberi air.



Gambar 2. Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif [7]

2.2 Limbah Karbit

Calcium karbida (CaC_2) yang biasa dikenal dengan nama karbit, biasanya digunakan pada bengkel las karbit untuk melakukan proses las logam serta bisa mempercepat proses waktu pematangan buah. Limbah karbit merupakan hasil sisa pembuangan dari proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) dengan memakai gas karbit (*gas aseteline* = C_2H_2) sebagai bahan pembakaran, prosesnya adalah melakukan pembakaran bahan bakar gas dengan O_2 yang menyebabkan nyala api dengan suhu yang bisa mencairkan logam induk dan logam pengisi [8]. Limbah karbit merupakan sisa pembakaran karbit yang tidak digunakan atau dibuang begitu saja. Sampah karbit jenis ini mempunyai sifat fisik berupa serbuk, yaitu berwarna abu-abu pada kondisi lembab, berwarna putih pada kondisi kering, berbau menyengat, dan tidak larut [9]. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah ekspansif adalah dengan menambahkan bahan aditif, baik yang bersifat alami maupun kimia [10]. Limbah karbit dapat pula meningkatkan stabilitas sifat tanah lempung menjadi lebih baik karena memiliki kandungan CaO yang cukup tinggi. CaO ini merupakan senyawa yang dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung, yang akan menghasilkan ion-ion kalsium tinggi yang dapat mengikat dan berada di sekeliling partikel-partikel tanah lempung sehingga dapat mengurangi tarikan terhadap air [11]. Dalam penelitian unsur-unsur pada Limbah Karbit seperti silica dan kalsium oksida yang bereaksi mengisi pori-pori tanah yang kosong dan kekuatan ikat antara partikel semakin besar, sehingga pori-pori dalam tanah semakin berkurang. Selain Tanah Lempung Ekspansif, Penambahan Limbah Karbit juga dilakukan pada Tanah Gambut (Daerah Rawa), berdasarkan pengujian CBR, pencampuran Limbah Karbit pada Tanah Gambut (Ds. Lueng gayo, Kab. Aceh Jaya) menunjukkan hasil meningkat seiring bertambahnya nilai persentase penambahan limbah karbit [8].

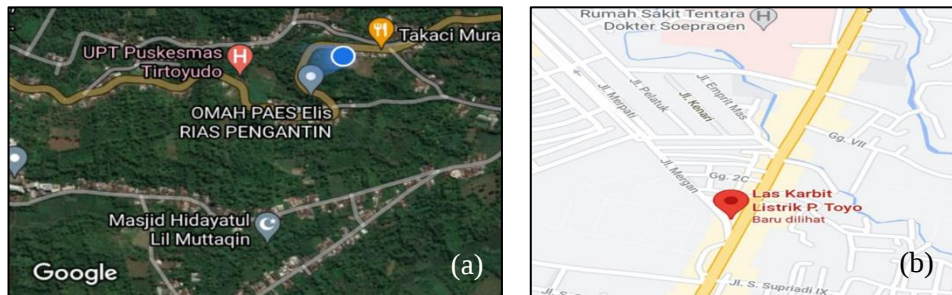
Penggunaan limbah karbit (additive) pada tanah lempung ekspansif memberikan peningkatan nilai unconfined compressive strength (UCS) yang tinggi dan mengurangi swelling pada tanah lempung ekspansif. Pemanfaatan limbah karbit juga akan mendatangkan efek ganda pada tindak penyelamatan lingkungan, yaitu penggunaan limbah karbit mengurangi dampak terhadap lingkungan jika bahan sisa ini bisa dimanfaatkan serta tidak dibuang begitu saja [8]. Dalam penelitian Sauri [12] dilakukan penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur pada Tanah Ekspansif (Ngasem Bojonegoro) sehingga nilai CBR meningkat, nilai swelling lebih kecil dan semakin lama periode siklus basah kering yang dilalui, nilai *swelling* semakin kecil. Sedangkan Soehardi [4] melakukan penambahan kapur terhadap Tanah Ekspansif mendapatkan hasil nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15% dengan lama waktu pemeraman 14 Hari yaitu sebesar 79.27% dengan hasil, semakin lama waktu pemeraman, maka semakin tinggi pula

nilai CBR. Dari penelitian Ridwan [13] didapatkan hasil semakin banyak penambahan limbah karbit pada tanah lempung ekspansif maka semakin turun nilai potensial swelling. Sedangkan menurut Fauzan [11] semakin besar penambahan limbah karbit maka semakin besar pula kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah tersebut.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif

Pengambilan sampel tanah lempung ekspansif, diambil secara langsung di daerah Kecamatan Tirtoyudo, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Dipilihnya daerah ini, karena dampak kerusakan konstruksi jalan raya dan bangunan akibat tanah lempung ekspansif yang sangat dirasakan oleh masyarakat dan pengguna jalan yang melintas di daerah Kecamatan Tirtoyudo.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif (a) dan Limbah Karbit (b)

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Karbit

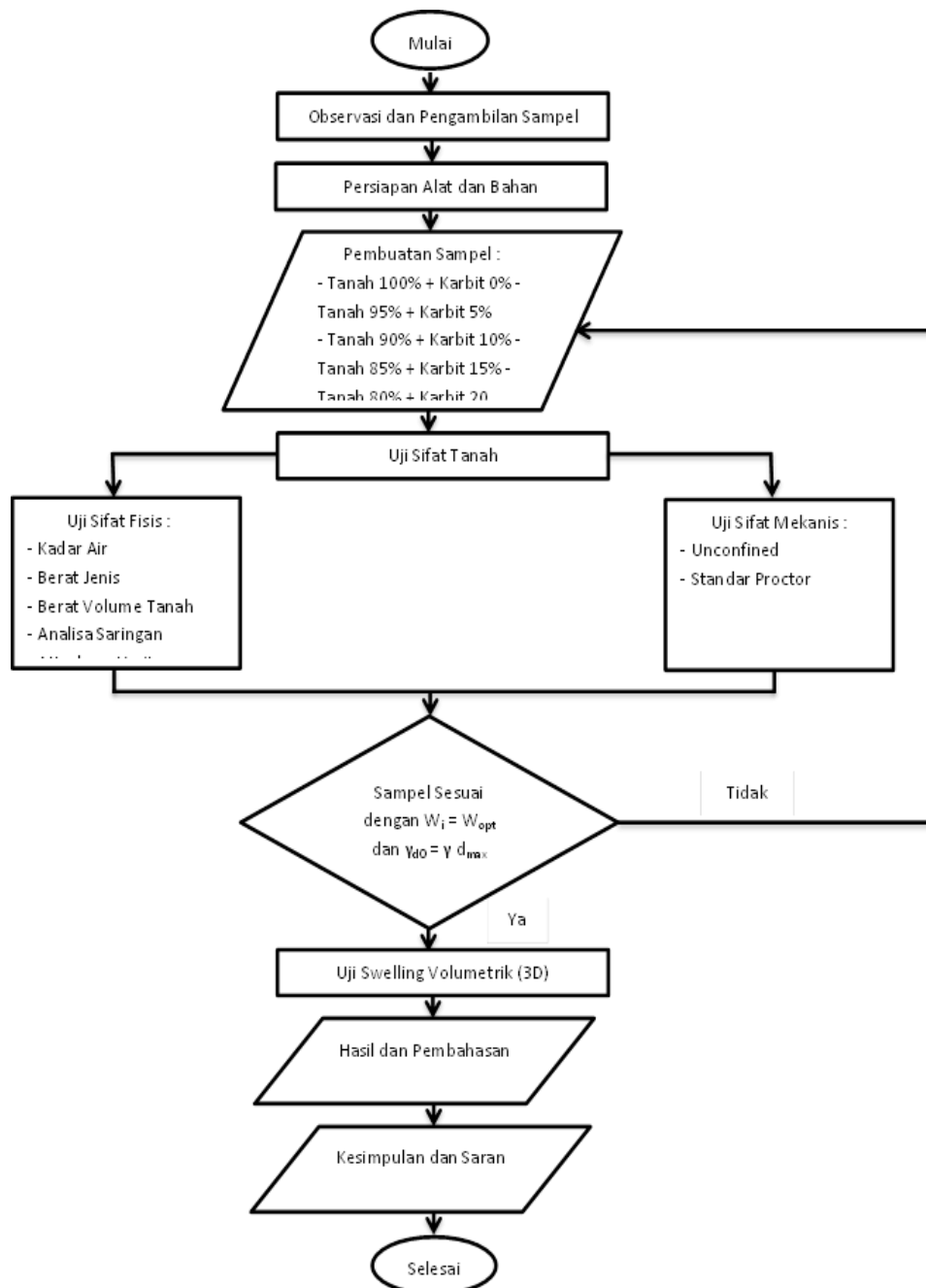
Pengambilan sampel limbah karbit diambil secara langsung dari limbah bengkel las karbit listrik milik Pak Toyo yang tidak digunakan sebanyak 5 karung (250 kg), lokasi bengkel las karbit listrik berada di Jalan Mergan Gang 2C, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur.

3.3 Persiapan Bahan dan Peralatan Uji di Laboratorium

Mempersiapkan peralatan maupun sampel untuk uji pendahuluan maupun uji utama di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang. Spesifikasi benda uji tanah lempung ekspansif kecamatan Tirtoyudo adalah tanah asli (undisturbed) dan tanah terganggu (disturbed). Untuk mencampurkan tanah adalah tanah lempung ekspansif ditambahkan Limbah Karbit selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi campuran adalah : Tanah Lempung Ekspansif 100% + 0 % Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 95 % + 5% Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 90% + 5% Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 85% + 15% Limbah Karbit, dan Tanah Lempung Ekspansif 80% + 20% Limbah Karbit.

Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan pada tanah lempung ekspansif meliputi uji sifat fisis (kadar air, berat jenis, berat volume tanah, analisa ayakan dan atterberg limit), sifat mekanis (unconfined dan standar proctor) dan uji utama (swelling volumetrik). Urutan proses kegiatan penelitian ini dibuat mulai dari memperoleh data sampai data tersebut digunakan sebagai data untuk membuat keputusan. Kegiatan ini mulai dari proses pengumpulan data, pengolahan analisis data dan cara pengambilan keputusan secara umum. Sesuai dengan diagram alir, maka penelitian dapat dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut ini.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji swelling volumetrik pada tanah lempung ekspansif yang di campur dengan limbah karbit, didapatkan data-data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik Tanah Asli

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm ³)			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,28	35,18	35,09	35,18	37,52	37,12	37,45	37,36	36659,76	36063,62	36198,30	36307,23
1	35,48	35,41	35,39	35,43	38,06	37,67	38,02	37,92	37610,20	37079,06	37380,31	37356,52
2	35,75	35,70	35,72	35,72	38,62	38,31	38,60	38,51	38746,64	38328,18	38661,60	38578,81
3	36,13	36,01	36,11	36,08	39,13	38,92	39,14	39,06	40097,33	39617,65	40063,18	39926,05
4	36,41	36,37	36,45	36,41	39,65	39,54	39,66	39,62	41262,37	41057,54	41363,51	41227,81
5	36,76	36,69	36,84	36,76	40,17	40,13	40,19	40,16	42611,08	42406,68	42818,05	42611,93
6	37,04	36,94	37,23	37,07	40,68	40,69	40,73	40,70	43811,95	43586,41	44316,98	43905,11

Tabel 2. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 95% + K 5%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm ³)			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,25	35,22	35,06	35,18	38,45	38,31	38,35	38,37	37504,57	37304,44	37004,87	37271,29
1	35,56	35,69	35,42	35,56	38,87	38,80	38,80	38,82	38584,04	38796,67	38211,89	38530,87
2	35,83	36,01	35,78	35,87	39,29	39,31	39,21	39,27	39595,45	40014,64	39404,62	39671,57
3	36,14	36,39	36,09	36,21	39,71	39,79	39,68	39,73	40714,19	41362,59	40570,94	40882,57
4	36,50	36,74	36,44	36,56	40,17	40,34	40,12	40,21	42010,44	42744,86	41820,32	42191,87
5	36,88	37,05	36,83	36,92	40,59	40,78	40,55	40,64	43338,17	43943,36	43178,14	43486,56

Tabel 3. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 90% + K 10%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm ³)			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,12	35,14	35,06	35,11	38,61	38,43	38,68	38,57	37383,37	37251,48	37323,29	37319,38
1	35,33	35,37	35,32	35,34	38,99	38,91	38,96	38,95	38204,12	38212,11	38153,11	38189,78
2	35,58	35,63	35,64	35,62	39,42	39,38	39,40	39,40	39174,02	39244,34	39286,31	39234,89
3	35,79	35,85	35,93	35,86	39,88	39,77	39,85	39,83	40100,35	40123,94	40384,29	40202,86
4	36,02	36,12	36,23	36,12	40,29	40,06	40,28	40,21	41034,99	41027,60	41504,56	41189,05

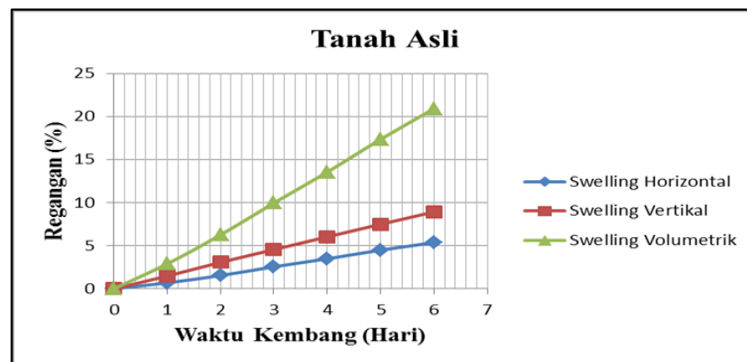
Tabel 4. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 85% + K 15%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm ³)			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,32	35,31	35,28	35,30	38,59	38,46	38,41	38,49	37790,78	37642,15	37529,36	37654,09
1	35,60	35,55	35,59	35,58	38,98	38,89	38,85	38,91	38780,33	38582,18	38629,28	38663,93
2	35,91	35,81	35,88	35,87	39,37	39,29	39,23	39,30	39853,45	39551,26	39645,40	39683,37
3	36,26	36,05	36,23	36,18	39,70	39,63	39,57	39,63	40974,70	40430,05	40772,97	40725,91
4	36,54	36,32	36,53	36,46	40,11	40,01	39,97	40,03	42039,68	41431,43	41870,02	41780,38
5	36,80	36,58	36,76	36,71	40,55	40,44	40,38	40,46	43107,83	42478,41	42833,84	42806,69

Tabel 5. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 80% + K 20%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm ³)			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,05	35,24	35,41	35,23	37,22	37,32	37,53	37,36	35894,02	36381,71	36940,27	36405,33
1	35,32	35,49	35,70	35,50	37,54	37,45	37,67	37,55	36762,52	37028,27	37687,88	37159,56
2	35,61	35,77	35,96	35,78	37,88	37,56	37,83	37,76	37707,14	37725,34	38401,25	37944,57
3	35,84	35,98	36,21	36,01	38,16	37,70	38,06	37,97	38478,14	38311,87	39173,78	38654,59

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 100% + limbah karbit 0% dengan lama proses mengembang selama 6 hari.

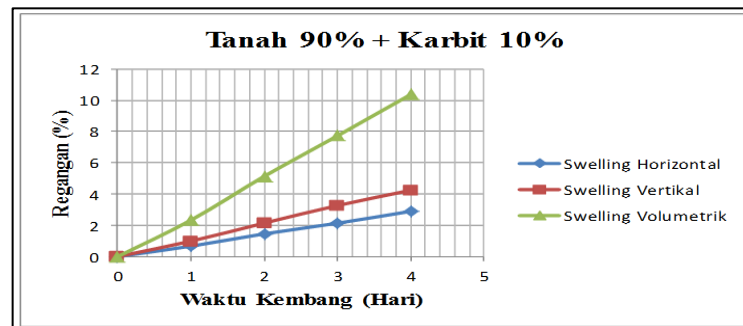
**Gambar 5.** Grafik Uji Swelling Volumetrik Tanah Asli

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 95% + limbah karbit 5% dengan lama proses mengembang selama 5 hari.



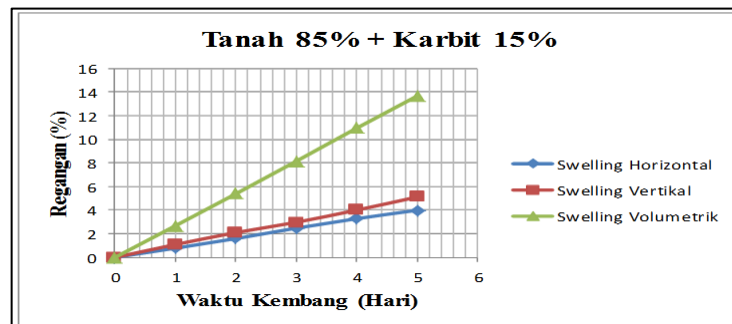
Gambar 6. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 95% + K 5%

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 90% + limbah karbit 10% dengan lama proses mengembang selama 4 hari.



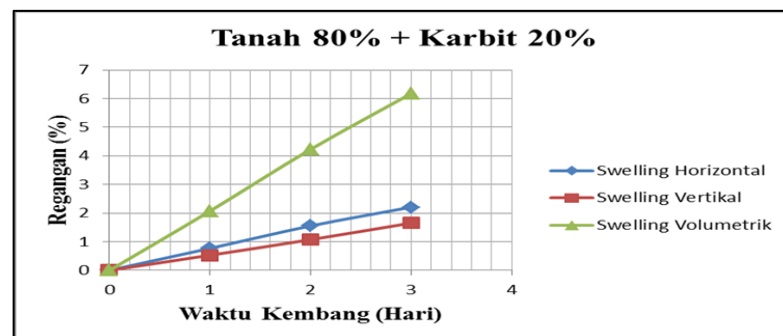
Gambar 7. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 90% + K 10%

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 85% + limbah karbit 15% dengan lama proses mengembang selama 5 hari.



Gambar 8. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 85% + K 15%

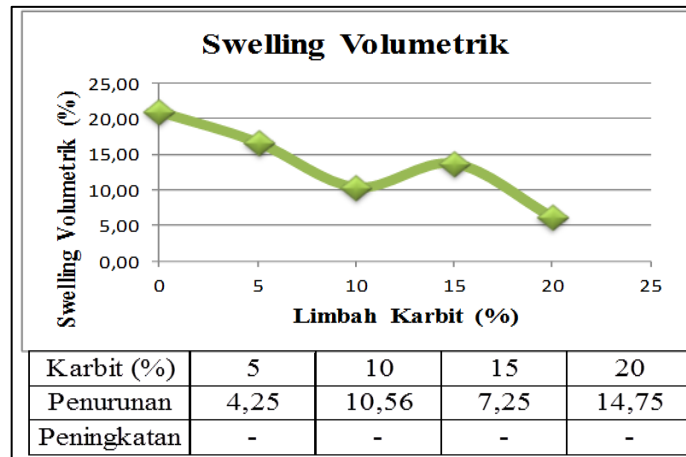
Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 80% + limbah karbit 20% dengan lama proses mengembang selama 3 hari.



Gambar 9. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 80% + K 20%

Tabel 6. Perhitungan Swelling Volumetrik

Campuran Karbit (%)	Sweling Volumetrik (%)			Average (%)
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	
20	7,20	5,31	6,05	6,18
15	14,07	12,85	14,13	13,68
10	9,77	10,14	11,20	10,37
5	15,55	17,80	16,68	16,68
0	19,51	20,86	22,43	20,93

**Gambar 10.** Grafik Pengaruh Limbah Karbit Terhadap Swelling Volumetrik

Dari grafik pengaruh limbah karbit terhadap swelling volumetrik dapat disimpulkan bahwa limbah karbit bisa menurunkan swelling volumetrik tanah lempung ekspansif tirtoyudo. Swelling arah volumetrik tanah asli sebesar 20,93%, jika tanah dicampur dengan limbah karbit sebesar 5% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 16,68%, pada campuran limbah karbit sebesar 10% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 10,37%, pada campuran limbah karbit 15% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 13,68%, dan pada campuran limbah karbit 20% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 6,8%.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan yaitu pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap stabilisasi swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu pencampuran limbah karbit mempengaruhi sifat fisis dan mekanis tanah lempung ekspansif. Semakin bertambahnya persentase campuran limbah karbit maka kadar air dan berat jenis tanah akan mengalami penurunan. Pada uji kadar air dan berat jenis yang paling terendah ada pada komposisi campuran limbah karbit 20% yaitu 35,53% kadar air dan 2,229 berat jenis. Pada uji *Atterberg* limit limbah karbit mampu menurunkan indeks plastisitas tanah, nilai indeks plastisitas yang terendah terdapat pada campuran limbah karbit 5% sebesar 3,54%. Sedangkan pada sifat mekanis tanah, campuran limbah karbit bisa menaikkan nilai kuat tekan bebas, nilai kuat tekan bebas yang paling tinggi terdapat pada campuran limbah karbit 10% sebesar 0,540 kg/cm².

Penambahan limbah karbit pada uji swelling volumetrik dapat menurunkan persentase kembang arah volumetrik dan lamanya waktu sampai tanah berhenti mengembang. Swelling arah volumetrik tanah asli sebesar 20,93%, campuran 5% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 16,68%, campuran 10% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 10,37%, campuran 15% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 13,68%, dan campuran limbah karbit 20% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 6,8%. Dari uji swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif yang telah dilakukan, persentase campuran maksimum limbah karbit terdapat pada campuran limbah karbit 10% dengan nilai swelling volumetrik 10,37 % dengan waktu berhenti mengembang 4 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Tugas Sudjianto, "Pengaruh Perubahan Kadar Air dan Suction Terhadap Perilaku Kembang Volumetrik Tanah Lempung Ekspansif," *Widya Teknika*, vol. 22, no. 1, pp. 13–19, Mar. 2014.
- [2] T. Victorine, Z. Zhang, D. W. Fowler, and W. R. Hudson, "Basic Concepts, Current Practices, and Available Resources for Forensic Investigation on Pavements," Washington D.C., 1997.
- [3] A. T. Sudjianto, *Tanah Ekspansif (Karakteristik dan Pengukuran Perubahan Volume)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [4] F. Soehardi, F. Lubis, and L. D. Putri, "Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman," Feb. 2017.
- [5] E. Setyono, Sunarto, and A. Moro Gumilang, "Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer Pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif," *Media Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 99–107, 2018.
- [6] D. Myers, "Expansive Clays and Road Subgrade an Analysis," *www.godismyjudgeok*, Aug. 31, 2007.
- [7] I. B. Mochtar, "Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Tanah-Tanah Yang Silit," *Science and Technology Index*, 2002.
- [8] I. N. Amarullah and M. Zardi, "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Stabilisasi Tanah Daerah Rawa," *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [9] L. Juniasy Somalinggi, F. Phengkarsa, and L. Febriani, "Pengaruh Limbah Karbit / Calcium Carbit Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 4, pp. 289–297, 2020.
- [10] N. A. Budiman, "Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 17, no. 1, 2013.
- [11] N. Fauzan and N. Andajani, "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Driyorejo Gresik," *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 192–200, 2017.
- [12] S. Sauri, A. Rachmansyah, and Y. Zaika, "Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur pada Tanah Ekspansif di Bojonegoro terhadap nilai CBR, Swelling dan Durabilitas," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [13] M. Ridwan and N. Fauziah, "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Driyorejo Gresik," *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 371–380, 2017.