

PENGARUH KOLOM KARBIT TERHADAP POTENSI MENGEMBANG DAN KONSISTENSI TANAH EKSPANSIF DENGAN PENGALIRAN DARI KOLOM KE TANAH

Muamar Rifa'i¹, Bambang Setiawan², dan Noegroho Djarwanti³

¹⁾ Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta

^{2) 3)} Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp.0271647069. Email : fianrifai@gmail.com

ABSTRACT

The expansive soil is soil that has a potential for swelling-shrinking due to changes in water content. This type of soil will experience swelling if the water content is high and shrinking if the water content is low. Such behavior can exert enough force on building above to cause damage. The use of columns filled with additives such as Calcium Carbide is done to reduce the negative impact of expansive soil behavior. This study aims to determine the effect of carbide columns on expansive soil. Observations were made on swelling and spreading of carbides in the soil. Carbide or Calcium Carbide is a chemical compound with CaC_2 formula. The compound will produce acetylene gas and heat when reacting with water. This study uses 7 pieces of carbide columns. Carbide columns with 5 cm of diameter and 20 cm of height were installed into the soil with an inter-column spacing of 8,75 cm. Wetting is done through a pipe at the center of the carbide column for 20 days. Observations were conducted on expansive soil without carbide columns and expansive soil with carbide columns. The results showed that the addition of carbide column could reduce the percentage of swelling by 4,42%. Wetting through the center of the carbide column can help spread the carbide into the soil. Result of soil content test showed that there were 54,78% carbide composition compound which is Calcium Oxide (CaO) in samples of expansive soil. The use of carbide columns can also decrease the rate of soil expansivity in terms of the plasticity index and shrinkage index.

Keywords: *expansive soil, carbide, swelling, spreading*

ABSTRAK

Tanah ekspansif merupakan tanah yang memiliki potensi kembang-susut akibat perubahan kadar air. Tanah jenis ini akan mengalami pengembangan jika kadar airnya tinggi dan mengalami penyusutan jika kadar airnya rendah. Perilaku tersebut dapat membahayakan apabila di atas tanah akan didirikan bangunan. Penggunaan kolom yang diisi dengan zat aditif seperti karbit dilakukan guna mengurangi dampak negatif akibat perilaku tanah ekspansif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kolom karbit terhadap tanah ekspansif. Pengamatan dilakukan terhadap pengembangan dan penyebaran karbit dalam tanah. Karbit atau Kalsium Karbida merupakan senyawa kimia dengan rumus CaC_2 . Senyawa tersebut akan menghasilkan gas asetilen dan panas ketika bereaksi dengan air. Penelitian ini menggunakan kolom karbit yang berjumlah 7 buah. Kolom karbit dengan diameter 5 cm dan tinggi 20 cm dipasang ke dalam tanah dengan jarak antar kolom 8,75 cm. Pembasahan dilakukan melalui pipa pada pusat kolom karbit selama 20 hari. Pengamatan dilakukan terhadap tanah ekspansif tanpa kolom karbit dan tanah ekspansif dengan kolom karbit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kolom karbit dapat mengurangi persentase mengembang sebesar 4,42 %. Pembasahan melalui pusat kolom karbit dapat membantu menyebarkan karbit ke dalam tanah. Hasil uji kandungan tanah menunjukkan bahwa dalam sampel tanah ekspansif terdapat 54,78 % senyawa penyusun karbit yaitu Kalsium Oksida (CaO). Penggunaan kolom karbit juga dapat menurunkan tingkat ekspansifitas tanah ditinjau dari nilai indeks plastisitas dan indeks susut.

Kata kunci: tanah ekspansif, karbit, pengembangan, penyebaran

PENDAHULUAN

Tanah ekspansif adalah tanah yang kandungan lempungnya memiliki potensi kembang-susut akibat perubahan kadar air. Tanah jenis ini akan mengalami pengembangan (*swelling*) jika kadar airnya tinggi dan mengalami susut (*shrinkage*) jika kadar airnya rendah. Tanah ekspansif tergolong tanah yang tidak stabil sehingga dapat merusak lantai dan pondasi bangunan tersebut. Upaya telah dilakukan untuk memperbaiki sifat tanah ekspansif yaitu dengan mencampur zat aditif pada tanah. Hal tersebut masih menimbulkan kendala dalam pelaksanaannya di lapangan. Penelitian ini dilakukan untuk menambah referensi dalam mengantisipasi kerusakan bangunan yang diakibatkan oleh perilaku kembang-susut tanah ekspansif. Percobaan dalam penelitian ini dilakukan dengan memasang kolom karbit pada tanah ekspansif. Pengaliran air dilakukan dari kolom ke tanah melalui pipa yang dipasang di pusat kolom karbit. Hasil penelitian berasal dari pengamatan terhadap pengembangan (*swelling*) dan penyebaran karbit dalam tanah.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mudah mengalami kembang-susut akibat perubahan kadar air. Tanah yang mudah berubah volumenya ini adalah tanah yang banyak mengandung lempung, terutama yang mengandung mineral *montmorillonite*. Mineral *montmorillonite* yang terkandung dalam tanah walaupun sangat kecil, pada waktu tertentu dapat mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air.

Identifikasi Tanah Ekspansif

Salah satu cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi perubahan volume tanah adalah dengan menggunakan indeks plastisitas (*PI*). Tanah ekspansif memiliki perbandingan selisih antara batas cair dengan batas plastis yang relatif besar. Chen (1988) menyatakan bahwa tanah dengan nilai indeks plastisitas lebih dari 35% memiliki tingkat ekspansifitas yang sangat tinggi. Identifikasi tanah ekspansif juga dapat ditentukan dengan menggunakan nilai indeks susut (*SI*) yaitu pengurangan antara batas cair (*LL*) dengan batas susut (*SL*). Jitno (1988) menyatakan bahwa tanah dengan nilai indeks susut lebih dari 60 % memiliki tingkat ekspansifitas yang sangat tinggi.

Stabilisasi Tanah dengan Metode Kolom

Stabilisasi tanah merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi kerugian yang diakibatkan oleh perilaku tanah ekspansif. Stabilisasi tanah dilakukan sebagai usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah seperti kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan, dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air sehingga dapat memenuhi syarat teknis tertentu.

Penggunaan kolom merupakan salah satu metode dalam stabilisasi tanah. Metode tersebut dilakukan dengan membuat lubang pada tanah dan mengisinya dengan bahan aditif. Bahan aditif yang berada di dalam kolom dibiarkan meresap ke dalam tanah sehingga terjadi reaksi antara tanah dengan bahan aditif. Hardiyatmo (2014) menyatakan bahwa penggunaan metode kolom dapat mengurangi potensi perubahan volume tanah. Hal tersebut disebabkan karena kolom dapat membuat tanah bergerak ke arah lateral menuju dalam lubang sehingga mengurangi gerakan ke arah vertikal.

Karbit

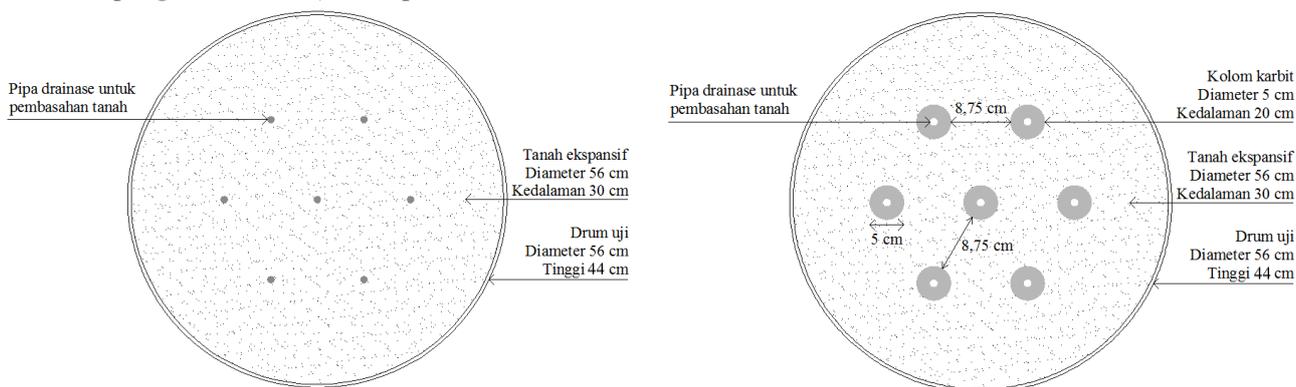
Penelitian-penelitian sebelumnya banyak menggunakan limbah karbit sebagai bahan stabilisasi. Limbah karbit merupakan bahan sisa dari proses pembuatan gas asetilen (*acetylene*), berupa kapur kalsium tinggi (*high calcium lime*). Bahan ini mempunyai sifat seperti batu kapur, sehingga seperti halnya kapur padam, limbah karbit termasuk bahan ikat hidrolik, tetapi kualitasnya tidak setinggi semen *portland*. Karena sifat yang hampir sama dengan batu kapur inilah sehingga karbit bisa difungsikan sebagai salah satu bahan alternatif dalam stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah secara kimia yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan karbit sebagai bahan stabilisasi. Karbit atau Kalsium Karbida adalah senyawa kimia dengan rumus CaC_2 . Karbit bila terkena air akan menghasilkan gas asetilen yang menghasilkan panas. Senyawa karbit akan menghasilkan bahan buang (residu) berupa kalsium hidroksida. Senyawa ini berpotensi sebagai bahan pozolan bila dicampur dengan silika (SiO_2), sehingga dapat terbentuk bahan sementasi (*cemented material*) *calcium silicate hydrate* (CSH).

METODE PENELITIAN

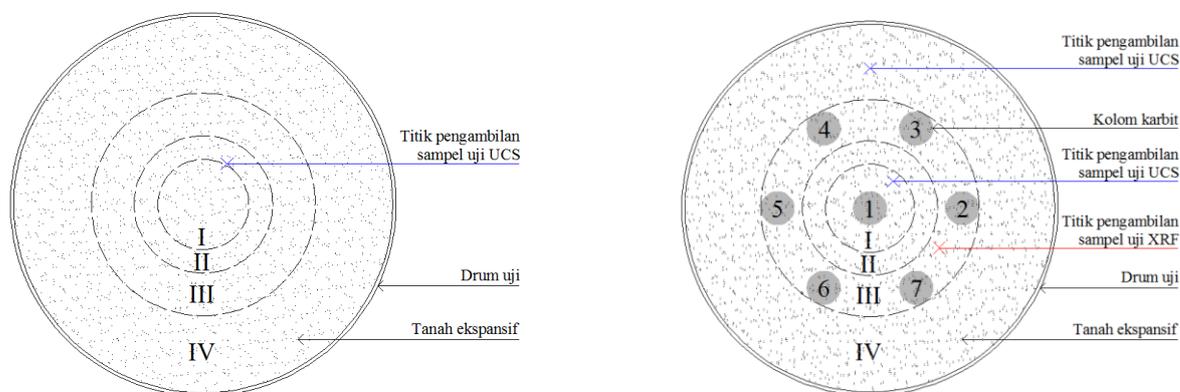
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menggunakan dua sampel tanah ekspansif dengan kolom karbit dan tanpa kolom karbit. Sampel tanah ekspansif diambil dari ini diambil dari area proyek jalan tol Solo-Kertosono ruas Solo-Ngawi Paket SNJ-2A Sta 76+900, Kecamatan Kedunggalar, Ngawi, Jawa Timur. Pengujian sampel melalui prosedur-prosedur laboratorium sesuai dengan standar ASTM (*America Society for Testing and Material*). Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kolom karbit berjumlah 7 buah dengan diameter 5 cm dan kedalaman 20 cm. Jarak antar kolom sebesar 8,75 cm. Pembasahan dilakukan secara periodik selama 20 hari melalui pipa yang dipasang di pusat kolom. Pengamatan dilakukan terhadap *swelling* yang terjadi pada tanah ekspansif tanpa kolom karbit dan tanah ekspansif dengan kolom karbit. Pengamatan juga dilakukan terhadap pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF), pengujian UCS, dan pengujian batas Atterberg pada tanah ekspansif sebelum dan setelah penambahan kolom karbit. Uji XRF dilakukan untuk mengetahui kandungan tanah akibat adanya penambahan kolom karbit sekaligus mengetahui penyebaran karbit dalam tanah. Uji UCS dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah setelah penambahan kolom karbit pada tanah

ekspansif. Pengamatan *swelling* dilakukan pada 4 area yaitu area I, area II, area III, dan area IV. Sketsa pengujian dan letak pengamatan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Sketsa Pengujian Tanah Ekspansif tanpa dan dengan Kolom Karbit



Gambar 2 Letak Area Pengamatan *Swelling* dan Titik Sampel Uji XRF dan uji UCS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*

Pengujian ini dilaksanakan dua kali yaitu sebelum dan setelah penambahan kolom karbit pada tanah ekspansif. Uji XRF menghasilkan data berupa persentase senyawa yang terkandung dalam tanah. Data tersebut dapat menunjukkan seberapa besar kandungan mineral dengan potensi mengembang yang ada dalam tanah. Pengujian (XRF) yang kedua dilaksanakan setelah proses *swelling* dan pembasahan selesai. Sampel diambil pada titik yang telah ditentukan sebelumnya. Besarnya kandungan senyawa karbit pada tanah dapat dilihat melalui pengujian ini. Banyaknya senyawa karbit yang ada dalam tanah dapat dianggap mewakili penyebaran karbit dalam tanah. Perbandingan hasil uji XRF sebelum dan setelah penambahan kolom karbit ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Hasil Uji XRF

Sebelum Penambahan Kolom Karbit		Setelah Penambahan Kolom Karbit	
Nama Senyawa	Persentase (%)	Nama Senyawa	Persentase (%)
SiO ₂	33,83	CaO	54,78
Fe ₂ O ₃	20,84	SiO ₂	11,56
Na ₂ O	12,97	Fe ₂ O ₃	10,74
CaO	10,57	Na ₂ O	9,29
Al ₂ O ₃	9,66	Al ₂ O ₃	4,43
MgO	3,41	SO ₃	2,84
TiO ₂	1,75	MgO	2,09
Senyawa lain	3,15	Senyawa lain	4,27

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada hasil uji XRF setelah penambahan kolom karbit terdapat CaO sebagai senyawa yang persentasenya paling besar. Senyawa CaO memiliki persentase sebesar 54,78 % dari seluruh kandungan tanah. Senyawa-senyawa lain memiliki persentase di bawah 10 % dan persentase tersebut jauh di bawah persentase CaO

yang paling dominan. Persentase senyawa CaO mengalami kenaikan yang signifikan dari 10,57 % menjadi 54,78 % setelah penambahan kolom karbit. Hal tersebut diduga terjadi karena adanya reaksi karbit dengan air. Senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang biasa ditemui pada mineral *montmorillonite* mengalami penerunuan persentase dari 33,83 % dan 9,66 % menjadi hanya 11,56 % dan 4,43 % setelah penambahan kolom karbit.

CaO merupakan salah satu unsur pembentuk karbit. Karbit yang memiliki rumus umum CaC₂ dihasilkan dari pemanasan Kalsium Oksida (CaO) dan Karbon (C) dalam tanur listrik dengan hasil samping karbon dioksida. Senyawa CaO juga merupakan senyawa dominan pada kapur dan semen yang biasa digunakan dalam stabilisasi tanah lempung. Senyawa CaO dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung yang akan menghasilkan ion-ion kalsium tinggi. Ion-ion kalsium tinggi tersebut dapat mengikat partikel-partikel tanah lempung sehingga dapat mengurangi tarikan terhadap air. Senyawa CaO yang lebih dominan dari senyawa lain mengindikasikan bahwa karbit telah meresap ke dalam tanah melalui pengaliran yang dilakukan melalui pusat kolom.

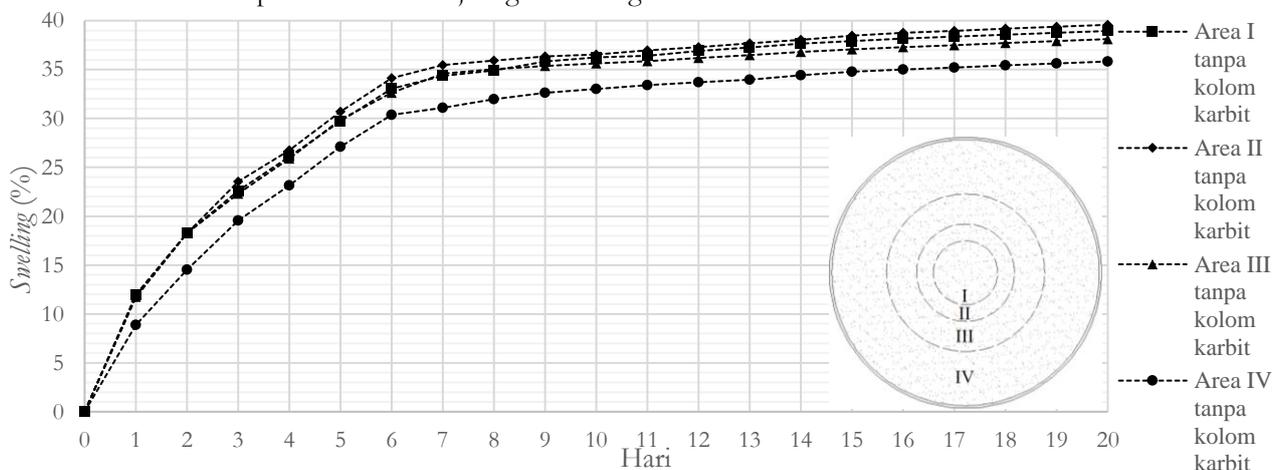
Pengujian *Swelling*

Pengujian *swelling* dilakukan terhadap 4 area pengamatan yang telah ditentukan. Pembagian area pengamatan didasarkan pada jarak titik terhadap kolom 1 sebagai kolom yang terletak paling tengah. Perbandingan persentase *swelling* di seluruh area pengamatan yang terjadi antara tanah ekspansif dengan kolom karbit dan tanpa kolom karbit setelah 20 hari pembasahan ditunjukkan pada Tabel 2.

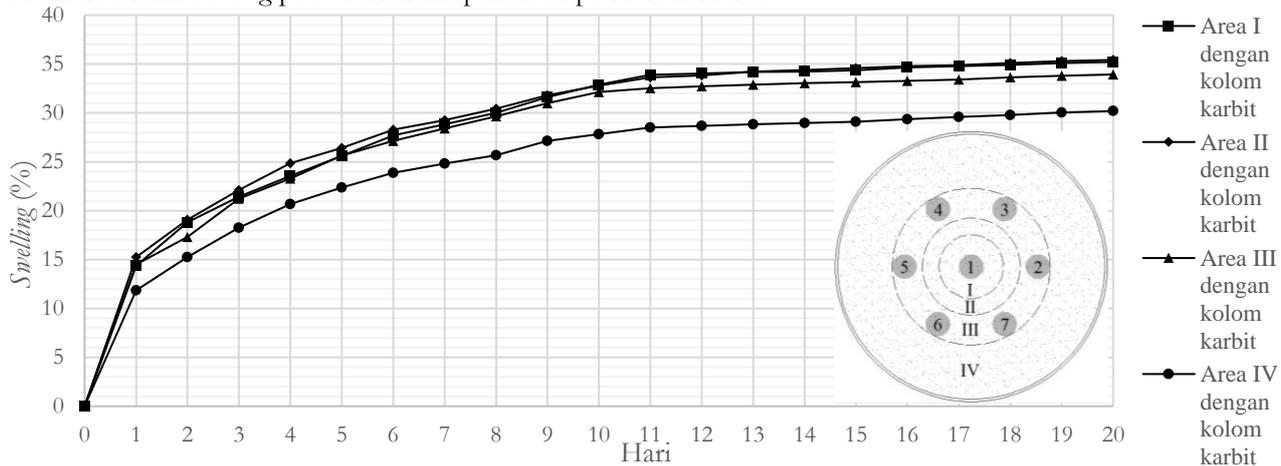
Tabel 2 Perbandingan Persentase *Swelling*

Area	Persentase <i>Swelling</i> (%)		Reduksi
	Tanpa Kolom Karbit	Dengan Kolom Karbit	
I	38,94	35,22	3,72
II	39,58	35,42	4,15
III	38,12	33,9	4,19
IV	35,83	30,19	5,63
Rata-rata	38,12	33,69	4,42

Berdasarkan tabel 2 dapat dibentuk menjadi grafik sebagai berikut:



Grafik 1. Grafik *Swelling* pada Tanah Ekspansif tanpa Kolom Karbit



Grafik 2. Grafik *Swelling* pada Tanah Ekspansif dengan Kolom Karbit

Grafik 1 dan Grafik 2 menunjukkan bahwa tanah mengalami proses mengembang yang signifikan hingga hari ke 9 dan bergerak lambat setelahnya. Hasil pengujian *swelling* menunjukkan bahwa semua titik pengamatan pada tanah ekspansif dengan kolom karbit mengalami *swelling* yang lebih rendah dari tanah ekspansif tanpa kolom karbit. Reduksi terbesar terjadi pada area IV yaitu 5,63 % sedangkan reduksi terkecil terjadi pada area I yaitu 3,72 %. Penambahan kolom karbit dapat mereduksi *swelling* rata-rata sebesar 4,42 %.

Campuran antara karbit dengan air diduga menghasilkan ion-ion positif (kation) yang dapat mengikat ion-ion negatif (anion) tanah ekspansif sehingga dapat mengurangi tarikan terhadap air. Hal tersebut dapat mengurangi potensi *swelling* pada tanah ekspansif dengan kolom karbit. Peristiwa tersebut sesuai dengan Hardiyatmo (2014) yang menyatakan bahwa reaksi zat aditif seperti karbit dengan komponen tanah membentuk bahan kimia baru. Dua komponen utama dari tanah yang bereaksi dengan zat aditif adalah alumina dan silika. Potensi pengembangan dan tekanan pengembangan tereduksi secara signifikan oleh adanya penambahan zat aditif dalam tanah. Pengurangan karakteristik pengembangan umumnya diikuti dengan pengurangan daya tarik terhadap air.

Pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS)

Pengujian UCS dalam penelitian ini menggunakan tiga macam sampel. Satu sampel diambil dari tanah ekspansif tanpa kolom karbit. Dua sampel lain diambil dari tanah ekspansif dengan kolom karbit pada posisi area I dan area IV. Hasil pengujian UCS ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Uji UCS

Hasil Uji UCS	Tanpa Kolom Karbit	Dengan Kolom Karbit (Area IV)	Dengan Kolom Karbit (Area I)
Kohesi (kN/m ²)	3,47	3,48	4,32
Kuat tekan bebas (kN/m ²)	6,94	6,96	8,64

Tabel 3 menunjukkan bahwa adanya penambahan kolom karbit dapat memperbaiki nilai kohesi dan kuat tekan bebas tanah ekspansif. Nilai kohesi tanah dengan kolom karbit pada area I sebesar 4,32 kN/m² lebih tinggi dari tanah tanpa kolom karbit sebesar 3,47 kN/m². Penambahan kolom karbit juga dapat memperbaiki nilai kuat tekan bebas tanah ekspansif. Nilai kuat tekan bebas tanah dengan kolom karbit pada area I sebesar 8,64 kN/m² lebih tinggi dari tanpa kolom karbit sebesar 6,94 kN/m².

Jarak terhadap kolom karbit juga berpengaruh terhadap besarnya kohesi dan kuat tekan bebas tanah. Tabel 3 menunjukkan bahwa kohesi tanah dengan kolom karbit pada area I sebesar 4,32 kN/m² lebih tinggi dari area IV sebesar 3,48 kN/m². Nilai kuat tekan bebas tanah dengan kolom karbit pada area I sebesar 8,64 kN/m² juga lebih tinggi dari area IV sebesar 6,96 kN/m². Hal tersebut sesuai dengan penelitian Sulistio (2002) yang menyatakan bahwa penambahan kolom tunggal limbah karbit dapat meningkatkan tanah ekspansif di sekitarnya.

Pengujian Batas Atterberg

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan batas-batas Atterberg tanah sebelum dan sesudah penambahan kolom karbit. Uji *Grain Size Analysis* terlebih dahulu dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Kondisi awal tanah memiliki persentase kerikil 0,75 %, pasir 8,87 %, lanau 34,95 %, dan lempung 54,44 %. Hasil uji batas Atterberg ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Uji Batas Atterberg

Pengujian	Sebelum Penambahan Kolom Karbit (%)	Setelah Penambahan Kolom Karbit (%)
Batas Cair (<i>LL</i>)	114,05	65,02
Batas Plastis (<i>PL</i>)	42,49	60,73
Indeks Plastisitas (<i>PI</i>)	71,76	4,3
Indeks Susut (<i>SI</i>)	95,72	9,2

Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perubahan persentase pada batas cair dan batas plastis. Nilai batas cair turun dari 114,05 % menjadi 65,02 %. Hal tersebut diduga karena ion positif (kation) dari karbit mengikat ion negatif (anion) dari tanah sehingga terjadi tarik menarik antara kation dan anion tersebut. Ketika tanah dan karbit diberi air, sebagian dari tanah cenderung mengikat karbit sehingga tanah akan sedikit mengikat air. Air yang awalnya diserap oleh tanah akan digantikan oleh karbit dan kadar air pada tanah akan semakin berkurang.

Batas plastis naik dari 42,49 % menjadi 60,73 % setelah penambahan kolom karbit. Tanah yang tercampur karbit dan diberi air akan lebih mudah retak ketika digulung dibandingkan dengan tanah tanpa karbit. Naiknya nilai batas plastis diduga karena penambahan kolom karbit menyebabkan tanah menjadi cepat kering dan retak sebelum gulungan mencapai diameter 3,2 mm.

Turunnya nilai batas cair dan naiknya nilai batas plastis didukung dengan penelitian Fauziah (2017) yang menyatakan bahwa semakin banyak penambahan limbah karbit pada tanah maka nilai batas cair menurun dan nilai batas plastis meningkat. Perbandingan tingkat ekspansifitas tanah sebelum dan setelah penambahan kolom karbit ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Tingkat Ekspansifitas Tanah

Pengujian	Kolom Karbit					
	Sebelum Penambahan			Setelah Penambahan		
	Hasil	Syarat	Tingkat Ekspansifitas	Hasil	Syarat	Tingkat Ekspansifitas
Indeks Plastisitas (%)	71,76	> 35	Sangat Tinggi	4,3	0-15	Rendah
Indeks Susut (%)	95,72	> 60	<i>Very High</i>	9,2	0-20	<i>Low</i>

Perubahan nilai indeks plastisitas dan indeks susut dibandingkan guna mengetahui perbedaan tingkat ekspansifitas tanah yang terjadi akibat penambahan kolom karbit. Tabel 5 menunjukkan bahwa adanya penambahan kolom karbit menyebabkan nilai indeks plastisitas turun dari 71,76 % menjadi 4,3 % dan tingkat ekspansifitasnya tergolong rendah. Penambahan kolom karbit juga berpengaruh pada turunnya nilai indeks susut dimana sebelumnya sebesar 95,72 % menjadi 9,2 % dan tingkat ekspansifitasnya tergolong *low* atau rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penambahan kolom karbit dapat mengurangi persentase swelling tanah ekspansif sebesar 4,73 %.
- Penambahan kolom karbit dapat meningkatkan nilai kohesi dari 3,47 kN/m² menjadi 4,32 kN/m² dan nilai kuat tekan bebas dari 6,94 kN/m² menjadi 8,64 kN/m².
- Penambahan kolom karbit dapat menurunkan nilai batas cair (*LL*) tanah dari 114,05 % menjadi 65,02 %.
- Penambahan kolom karbit dapat meningkatkan nilai batas plastis (*PL*) tanah dari 42,49 % menjadi 60,73 %.
- Penambahan kolom karbit dapat menurunkan nilai indeks plastisitas (*PI*) tanah dari 71,76 % menjadi 4,3 %.
- Penambahan kolom karbit dapat menurunkan nilai indeks susut tanah (*SI*) dari 95,72 % menjadi 9,2 %.
- Karbit dapat menyebar ke dalam tanah ekspansif. Hasil uji *XRF* menyatakan bahwa senyawa penyusun karbit yaitu Kalsium Oksida (CaO) mengalami peningkatan persentase dari 10,57 % menjadi 54,78 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H., C., 2014, *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H., C., 2014, *Permasalahan dan Penanganan Tanah Ekspansif*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sulistio, I., 2002, Penyebaran Kekuatan Akibat Kolom yang Terbuat dari Limbah Karbit pada Tanah Ekspansif di Sekitarnya, *Jurnal: Universitas Kristen Petra*
- Budi, G., S., 2003, Penyebaran Kekuatan dari Kolom yang Terbuat dari Limbah Karbit dan Kapur, *Dimensi Teknik Sipil Volume 5 Nomor 2: Universitas Kristen Petra*.
- Sanusi, 2012, Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Filler Semen Portland, Limbah Karbit, dan Limbah Batu Bara, *Surakarta: Universitas Sebelas Maret*.
- Nafisah, A., dan Gunawan, H., 2013, Pemanfaatan Limbah Karbit untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Lempung Desa Cot Seunong (172G), *Jurnal: Universitas Syiah Kuala*
- Fauziah, N., 2017, Pengaruh Penambahan Limbah Karbit terhadap Potensial *Swelling* pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Driyorejo Gresik, *Jurnal: Universitas Negeri Surabaya*