

Analisis Stabilitas Tanah Tempatan Menggunakan Semen Ditambah Additif (DIFA Soil Stabilize) Di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau

Analysis of Local Soil Stability Using Cement Added Additives (DIFA Soil Stabilize) in Tanjungpinang City Province Riau Island

Niko Rahmadani¹ Anas Puri¹
Mohammad Syahminan^{1*}

¹Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia, 28284

*Penulis Korespondensi E-mail: msyahminan@eng.uir.ac.id

Diterima: 25 Februari 2024; Direvisi: 14 April 2024; Disetujui: 10 Mei 2024

Abstrak

Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau, didominasi tanah jenis Bauksit, Koral, dan Pasir Berlanau, dengan nilai CBR berkisar antara 8%–10%. Namun, pembangunan perkerasan jalan sering terkendala oleh nilai Indeks Plastisitas tanah yang tinggi, sehingga sulit mencapai kepadatan standar minimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai kepadatan tanah dan kuat tekan bebas (UCS) melalui stabilisasi tanah dengan semen dan additif DIFA Soil Stabilizer, serta menghitung biaya stabilisasi. Metode kuantitatif digunakan dengan pengujian laboratorium pada tanah asli dicampur semen (8%, 10%, 12%, 14% berat kering tanah) dan additif DIFA (1 kg/m³ tanah kering). Pengujian meliputi Proctor Standar dan UCS. Hasil uji menunjukkan peningkatan kepadatan tanah: tanah asli 1.323 kg/m³, campuran 8% semen 1.460 kg/m³, 10% 1.470 kg/m³, 12% 1.470 kg/m³, dan 14% 1.500 kg/m³. Nilai UCS soaked: campuran 8% 214,32 kN/m², 10% 527,57 kN/m², 12% 989,19 kN/m², dan 14% 1.005,68 kN/m². Nilai UCS unsoaked: tanah asli 138,64 kN/m², campuran 8% 735,27 kN/m², 10% 942,23 kN/m², 12% 1.023,93 kN/m², dan 14% 1.813,51 kN/m². Stabilisasi dengan semen dan DIFA Soil Stabilizer terbukti efektif meningkatkan kepadatan dan nilai UCS tanah, menjadikannya metode yang layak untuk meningkatkan stabilitas tanah di Tanjungpinang.

Kata Kunci: Biaya Tanah Terstabilisasi; Kepadatan; Nilai Kuat Tekan Bebas; DIFA

Abstract

Tanjungpinang City, located in Riau Islands Province, is predominantly characterised by Bauxite, Coral, and Sandy Loam soils, with a CBR value ranging between 8% and 10%. However, road pavement construction often encounters challenges due to the high Plasticity Index of the soil, making it difficult to achieve the minimum compaction standard. This study aims to evaluate the soil compaction and unconfined compressive strength (UCS) values through soil stabilisation using cement and the additive DIFA Soil Stabilizer, as well as to estimate the stabilisation cost. A quantitative method was employed, involving laboratory testing of the native soil mixed with cement (8%, 10%, 12%, 14% of the soil's dry weight) and DIFA additive (1 kg/m³ of dry soil). The tests included the Standard Proctor Test and UCS test. Results indicated an increase in soil density: native soil achieved 1,323 kg/m³, while mixtures with 8% cement reached 1,460 kg/m³, 10% 1,470 kg/m³, 12% 1,470 kg/m³, and 14% 1,500 kg/m³. Soaked UCS values were as follows: 214.32 kN/m² (8%), 527.57 kN/m² (10%), 989.19 kN/m² (12%), and 1,005.68 kN/m² (14%). Unsoaked UCS values were: native soil 138.64 kN/m², 735.27 kN/m² (8%), 942.23 kN/m² (10%), 1,023.93 kN/m² (12%), and 1,813.51 kN/m² (14%). Stabilisation using cement and DIFA Soil Stabilizer effectively improved the soil's density and UCS values, making it a viable method for enhancing soil stability in Tanjungpinang.

Keywords : Stabilized Soil Cost; Density; Free Compressive Strength Values; DIFA

1. PENDAHULUAN

Tanah dasar menjadi hal yang sangat penting dalam pembangunan suatu jalan, sehingga dalam pembangunan jalan dimana standar kekuatan atau kepadatan tanah dasar atau *subgrade* ditetapkan dalam suatu peraturan standar nasional Indonesia. Jenis tanah sangat menentukan dari kekuatan atau tanah dasar dalam mendukung beban di atasnya [1]. Pembangunan Jalan saat ini terutama di Kota Tanjungpinang yang merupakan pusat Provinsi Kepulauan Riau berkembang sangat pesat, hal ini dikarenakan Pemerintah Provinsi Kepulauan Riau dan Pemerintah Kota Tanjungpinang berusaha untuk memenuhi kebutuhan baik masyarakat maupun pelaku usaha dalam mendukung proses mobilitasnya. Seiring dengan perkembangan dan pembangunan jalan tersebut, sering sekali terdapat permasalahan pada saat pelaksanaannya, seperti permasalahan standar yang harus dicapai dalam tahapan pelaksanaannya. Standar yang harus dicapai antara lain adalah Kepadatan Tanah Dasar atau *Subgrade*. Dalam suatu ruas jalan yang akan ditangani selalu ditemui adanya kondisi tanah dimana sangat sulit untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan. Pada penelitian ini diambil sebagai lokasi penelitian adalah pada Jalur Kedua Ruas Jalan Jembatan III Dompok menuju Simpang Pelabuhan Roro Dompok. Berdasarkan kondisi tersebut maka, akan dilakukan stabilisasi tanah tempatan dengan menggunakan Semen ditambahkan dengan Additif (*DIFA Soil Stabilizer*). Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif melalui uji laboratorium untuk mendapatkan nilai kepadatan dan tegangan tanah dasar atau *subgrade* yang disyaratkan [2].

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Kriteria stabilisasi tanah menggunakan semen dalam **Tabel 1** dan kriteria kekuatan stabilisasi tanah semen [6] oleh Ditjen Bina Marga yang didasarkan pada SNI 03-3438-1994 dalam **Tabel 1** berikut,

Tabel 1 Kriteria Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen

Uraian	UCS ⁽¹⁾		CBR ⁽²⁾ (%)	Swell (%)	Loss in (wet/dry test) ⁽³⁾
	(kg/cm ²)	(kN/m ²)			
Sub-base jalan, timbunan formasi untuk parit, dll	3,5-10,5	343,35 - 1.030,05	20-80	2	7
Sub-base jalan, base untuk lalu lintas ringan ⁽⁴⁾	7-14	686,70-1373,40	50-150	2	10
Base untuk lalu lintas padat Blok bangunan	14-15	1373,40-1471,50	200-600	2	14
Perlindungan tanggul banjir (terlalu kuat untuk penggunaan umum pada permukaan yang tipis)	>56	>5493,60	600	2	14

DIFA Soil Stabilizer telah teruji jalan lama serta cocok untuk daerah beriklim subtropis dengan intensitas hujan yang tinggi sesuai dengan kondisi di Indonesia karena tidak lembek saat musim hujan dan tidak berdebu saat musim kering. Dengan ditambahkan *DIFA Soil Stabilizer* maka semen akan mengikat kuat pada permukaan tanah. Pencampuran *DIFA Soil Stabilizer* dengan semen akan membentuk kristal-kristal yang menempati rongga kosong. Semen merupakan material bubuk halus yang jika tercampur air akan menjadi suatu massa yang kuat dan keras yang diakibatkan oleh reaksi kimia. Semen portland terdiri dari hasil meleburnya campuran homogen yang menjadi kalsium silikat, bahan utama semen terdiri dari silikat (SiO_2), kapur (CaO), dan alumina oksida (Al_2O_3) serta besi oksida (Fe_2O_3) [9].

Tanah secara teori selain sebagai landasan atau pondasi untuk struktur atas (*upper structure*) yang disebut juga sebagai *subgrade* pada pekerjaan jalan, tanah juga berfungsi sebagai bahan konstruksi (*construction material*), atau sebagai bahan timbunan/urugan (*fill material*). Tanah dapat digunakan sebagai pondasi apabila sudah memenuhi standar kepadatan yang disyaratkan atau telah dilakukan peningkatan sifat fisik tanah. Kepadatan tanah merupakan sebuah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air cukup besar pada tanah tersebut. Untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah maka dilakukan uji laboratorium. Dimana pengujian laboratorium dimaksudkan untuk

mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah, juga untuk menentukan nilai berat isi kering maksimum ($\gamma_{dry\ max}$) dan nilai kadar air optimum (OMC) serta untuk mendapatkan grafik hubungan antara berat isi kering dan kadar air untuk energi pemadatan tertentu

California Bearing Ratio (CBR) adalah perbandingan antar beban penetrasi suatu bahan dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama, dinyatakan dalam persen. Menentukan CBR (*California Bearing Ratio*) tanah agregat yang dipadatkan dilaboratorium pada keadaan tertentu. CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*Standard Load*) dan dinyatakan dalam persentase. Nilai CBR dikembangkan untuk mengukur kapasitas daya dukung, beban tanah dan beban perkerasan jalan. Pengujian CBR laboratorium mengacu pada standar ASTM D 1883-73. Pengujian CBR digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, pondasi bawah dan pondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan. Pengujian CBR dilakukan pada beberapa benda uji, umumnya tergantung pada kadar air optimum. Secara umum pengujian CBR laboratorium ini mencakup penyiapan material peralatan, contoh material, contoh benda uji, pemadatan, penentuan massa basah dan kadar air benda uji, perendaman, uji penetrasi, penggambaran kurva hubungan antara beban dan penetrasi, dan penentuan nilai CBR. Sebagai tambahan, timbunan untuk lapisan ini bila diuji dengan SNI 1744:2012, harus memiliki nilai CBR tidak kurang dari karakteristik daya dukung tanah dasar yang diambil untuk rancangan atau tidak kurang dari 6% jika tidak disebutkan lain (CBR setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100 % kepadatan kering maksimum (MDD)). CBR dilakukan dengan 2 macam pengujian, yaitu CBR tidak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*). Pada pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* dilakukan penumbukan sebanyak 56 kali kemudian dilakukan pengujian. Pada pengujian CBR terendam (*soaked*) setelah dilakukan penumbukan yang sama benda uji direndam di bak air selama 4 hari dengan dipasang alat ukur pengembangan bebas (*free swell*).

Uji kuat tekan bebas digunakan untuk material tanah kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*cemented soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan (air keluar dari tanah akibat deformasi/ perubahan bentuk). Untuk pengujian yang menggunakan tahanan keliling, untuk tanah kering dan mudah hancur (rapuh), material yang retak, lanau, gambut dan pasir tidak dapat diuji dengan kuat tekan bebas atau UCS karena memperoleh nilai kuat tekan bebas yang tidak valid. Tekanan aksial atau beban pada pengujian UCS atau kuat tekan bebas adalah beban yang terjadi pada saat benda uji kuat tekan bebas runtuh. Uji UCS atau kuat tekan bebas (q_u) ditentukan sebagai beban maksimum yang dicapai per luas penampang atau beban per luas penampang pada regangan aksial 15 %, pilih yang lebih dahulu tercapai selama pengujian. Untuk benda uji kuat tekan bebas, kuat geser (S_u) adalah setengah dari kuat tekan bebas yang terjadi pada saat benda uji runtuh atau pada saat regangan aksial 15 %. Regangan aksial (ϵ_1) adalah perbandingan antara perubahan tinggi benda uji dan tinggi benda uji semula, dinyatakan dalam persen [11].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan mencampur benda uji tanah dengan bahan stabilisasi, yaitu tanah asli yang ditambah dengan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen. Perbedaan variasi benda uji dilakukan untuk mengetahui campuran yang paling sesuai untuk perbaikan tanah lempung, sehingga mencapai nilai kepadatan dan tegangan tanah yang disyaratkan. Benda uji tanah yang digunakan pada penelitian/pengujian ini adalah benda uji lempungan berlanau dimana proses perhitungan dan perencanaan campuran antara benda uji tanah lempung dan *DIFA Soil Stabilizer* serta semen mengacu pada profil produk yang dikeluarkan oleh PT. DIFA MAHAKARYA yang mengatur bahwa penggunaan 1 kg *DIFA Soil Stabilize* diperuntukkan untuk 1 m³ tanah lepas dalam kondisi kering, adapun penggunaan bahan tambahan berupa semen diatur sebesar 8-15 % dari berat kering tanah lepas yang digunakan. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan *subgrade* setelah dilakukan stabilisasi dengan penambahan semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dengan beberapa variasi campuran, dengan tujuan mendapatkan nilai kepadatan dan UCS memenuhi standar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik tanah asli berdasarkan hasil uji sifat fisik tanah asli maka tanah asli tergolong tanah dengan tingkat plastisitas sedang [12] karena berada di posisi dengan nilai indeks plastisitas 7% - 17%, nilai plastisitas yang diperoleh adalah sebesar 13,60%, dengan kondisi ini maka diperlukan adanya stabilisasi terhadap tanah asli sehingga mendapatkan nilai plastisitas yang lebih rendah, meskipun nilai CBR yang diperoleh sudah melebihi nilai CBR minimum yakni 8,25% pada kondisi kepadatan 95%. Berdasarkan klasifikasi tanah, hasil penelitian menunjukkan hasil dimana persentase lolos saringan nomor 200 adalah 34,41%, maka berdasarkan klasifikasi umum sampel tanah termasuk kedalam material granular ($\leq 35\%$ lolos saringan no.200). Jika ditinjau terhadap klasifikasi kelompok material tanah termasuk kedalam kelompok A-2-7 hal ini dikarenakan nilai persentase lolos saringan nomor 200 adalah 34,41% dan nilai batas cair 43,990% serta plastisitas indeks 13,6% dan berdasarkan perhitungan nilai group indeks -0,54. Oleh karena itu, sampel tanah masuk kedalam tipe material yang pokok pada umumnya adalah kerikil berlanau atau berlempung dan pasir, serta berdasarkan penilaian umum sebagai tanah dasar sampel tanah masuk kategori sangat baik sampai baik. Adapun data lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Sifat Fisik Tanah Asli

No	Uraian Pengujian	Satuan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Tanah	-	2,71	
2	Atterberg Limit			- Plastis > Sedang (7-17)
	Batas Cair LL	%	43,90	- Lempung Berlanau
	Batas Plastis PL	%	30,30	- Kohesi
	Indeks Plastisitas IP	%	13,60	
3	Compaction			
	γ_d Maks	gr/cm ³	1,323	
	γ_d 95%	gr/cm ³	1,257	
	w Optimum	%	26,20	
4	CBR Laboratorium			Spesifikasi Tanah Timbunan
	γ_d Maks	%	10,70	Biasa $\geq 6\%$ - < 10%
	γ_d 95%	%	8,250	
	Hasil Klasifikasi Tanah :			
	- Sifat tanah : Plastisitas > Sedang			
	- Macam tanah : Lempung Berlanau dan Kohesi			

Dari Tabel 2, hasil yang diuraikan menunjukkan bahwa berat isi kering tanah asli mengalami peningkatan seiring dengan penambahan semen dan additif difa soil stabilizer. Peningkatan ini sebagaimana yang diuraikan sebelumnya adalah dikarenakan sifat semen dapat meningkatkan kerapatan tanah dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) juga berfungsi sebagai pemadat dan sebagai stabilisasi. Dari Tabel 3 juga menunjukkan dimana nilai Kadar Air Optimum (w_{opt}) semakin berkurang seiring dengan penambahan kadar semen, dimana nilai kadar air optimum tanah asli sebesar 26,20%, namun hasil dari pengujian untuk kadar 8% besar kadar air optimum ternyata masih sama dengan kadar air optimum tanah asli, hal ini dapat terjadi kemungkinan kadar air pada pori tanah asli lebih banyak sehingga menyebabkan berat isi tanah meningkat namun kadar air optimum masih sama. Secara detail, hasil uji berat isi kering dan kadar air optimum untuk tanah asli dan tanah terstabilisasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Berat Isi Kering (γ_d) dan Kadar Air Optimum (w_{opt})

No	Jenis Tanah	Berat Isi Kering (γ_d) (kg/m ³)	Kadar Air Optimum, w_{opt} (%)
1	Tanah Asli	1,323	26,20
2	Tanah Asli + Semen 8%	1,460	26,20
3	Tanah Asli + Semen 10%	1,470	25,70
4	Tanah Asli + Semen 12%	1,470	25,50
5	Tanah Asli + Semen 14%	1,500	24,50
6	Tanah Asli + DIFA SS + Semen 8%	1,368	27,20
7	Tanah Asli + DIFA SS + Semen 10%	1,392	22,83
8	Tanah Asli + DIFA SS + Semen 12%	1,387	27,54
9	Tanah Asli + DIFA SS + Semen 14%	1,430	25,85

Untuk tanah terstabilisasi dengan sampel *unsoaked* diperoleh nilai uji UCS tertinggi pada campuran semen 14% ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dengan nilai UCS sebesar 1.813,51 kN/m². Nilai uji UCS untuk tanah asli sebesar 138,64 kN/m², hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tekan bebas yang sangat signifikan. Berdasarkan hasil uji kuat tekan bebas untuk sampel *unsoaked* bahwa tanah terstabilisasi sangat kuat untuk dijadikan sebagai *subgrade*, dimana standar minimal nilai UCS pondasi semen sebagaimana yang tertera pada Tabel 1 antara 686,70 kN/m² sampai dengan 1.373,40 kN/m², sedangkan syarat minimal sebesar 600 kN/m². Oleh karena itu, stabilisasi tanah dengan sampel *unsoaked* pada campuran semen 14% dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) 1 kg/m³ tanah kering permukaan sudah mencapai kuat tekan bebas pondasi semen, dengan demikian untuk *subgrade* sudah sangat kuat. Hasil uji UCS untuk sampel *unsoaked* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Hasil Pegujian UCS Sampel *Unsoaked*

Jenis Tanah	Unconfined Compressive Strength (UCS) (kN/m ²)	Kriteria Stabilitas Tanah Menggunakan Semen
Tanah Asli*)	138,64	SNI 03-3438-1994 :
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 8%	735,29	Lapis Pondasi Bawah, untuk peram 3 hari, rendam 4 hari Nilai UCS Minimal 600 kN/m ²
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 10%	942,23	Menurut Ingels dan Metcalf (1972) :
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 12%	1.023,93	Subbase jalan timbunan Peruntukan pari dan lain-lain, Nilai UCS antara 343,35 kN/m ² sampai dengan 1.030,05 kN/m ²
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 14%	1.813,51	

Selanjutnya, untuk tanah terstabilisasi dengan sampel *soaked* diperoleh nilai uji UCS tertinggi pada campuran semen 14% ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dengan nilai UCS sebesar 1.005,68 kN/m². Dari hasil uji UCS ini menunjukkan bahwa nilai UCS untuk kondisi sampel *soaked* cukup tinggi dimana tanah terstabilisasi dengan semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) yang pada kondisi tanah asli tidak memiliki kekuatan namun pada kondisi terstabilisasi memiliki nilai UCS yang cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa *subgrade* dengan stabilisasi semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) memiliki kekuatan untuk memikul beban pada kondisi basah. Dari hasil uji UCS untuk sampel tanah terstabilisasi dalam kondisi *soaked*, sangat kuat untuk dijadikan sebagai *subgrade* pada perkerasan jalan. Secara detail, dapat dilihat pada Tabel 5.

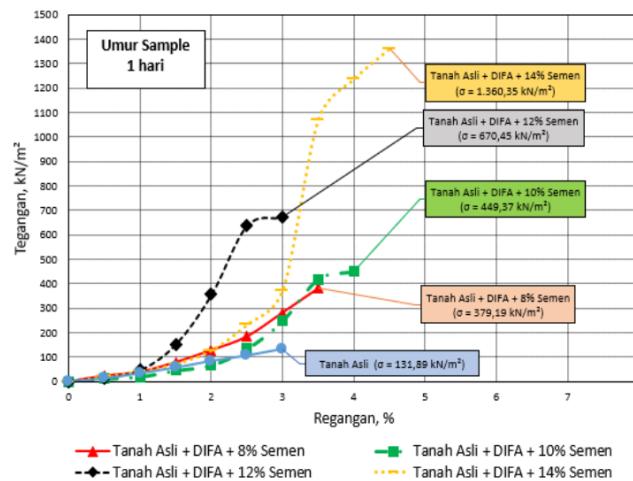
Tabel 5 Hasil Pegujian UCS Sampel *Soaked*

Jenis Tanah	Unconfined Compressive Strength (UCS) (kN/m ²)	Kriteria Stabilitas Tanah Menggunakan Semen
Tanah Asli*)	138,64	SNI 03-3438-1994 :
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 8%	735,29	Lapis Pondasi Bawah, untuk peram 3 hari, rendam 4 hari Nilai UCS Minimal 600 kN/m ²
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 10%	942,23	Menurut Ingels dan Metcalf (1972) :
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 12%	1.023,93	Subbase jalan timbunan Peruntukan pari dan lain-lain, Nilai UCS antara 343,35 kN/m ² sampai dengan 1.030,05 kN/m ²
1 m ³ Tanah Asli + 1 kg Additif DIFA Soil Stabilizer + Semen 14%	1.813,51	

* Sampel tanah asli tidak bisa ditest atau diuji karena sampel hancur saat dilakukan perendaman.

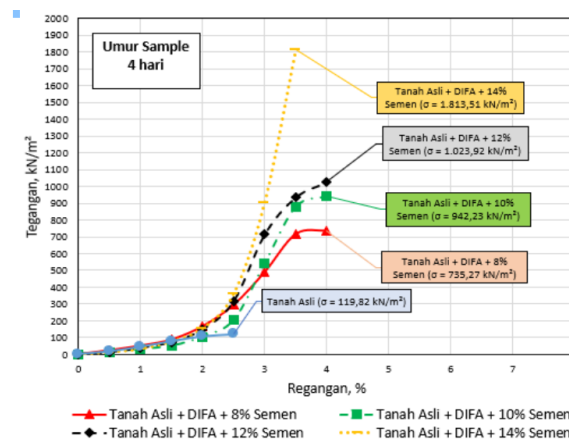
Hubungan Tegangan dengan Regangan Umur Sampel 1 Hari (*Unsoaked*) Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa pada umur 1 hari berdasarkan uji UCS menunjukkan bahwa nilai Tegangan (σ)

semakin besar bersamaan dengan adanya penambahan kadar semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*). Semakin besar kadar semen yang diberikan maka nilai tegangan tanah (σ) semakin bertambah. Pada tanah asli nilai tegangan tanah sebesar 131,89 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 8% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan nilai tegangan tanah menjadi 379,19 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 10% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan nilai tegangan tanah menjadi 449,37 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 12% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan nilai tegangan tanah menjadi 670,45 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 14% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan nilai tegangan tanah menjadi 1.360,35 kN/m².



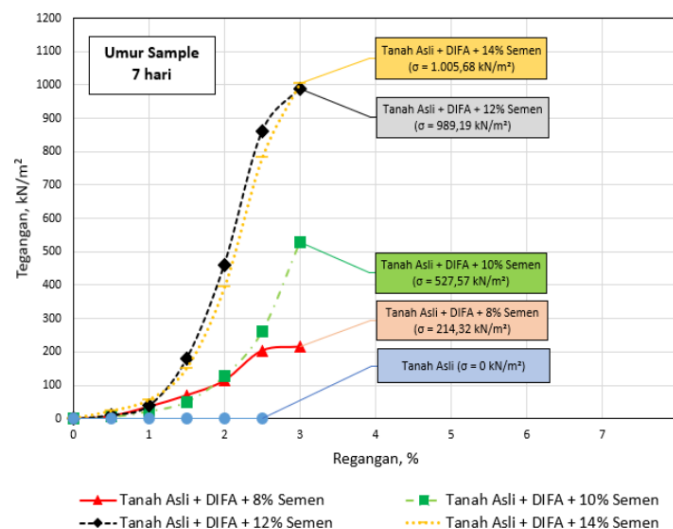
Gambar 1 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Umur Sampel 1 Hari (*Unsoaked*)

Umur Sampel 4 Hari (*Unsoaked*) dari Gambar 2 menunjukkan bahwa pada umur 4 hari berdasarkan uji UCS menunjukkan bahwa nilai tegangan (σ) semakin besar bersamaan dengan adanya penambahan kadar semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*). Semakin besar kadar semen yang diberikan maka nilai tegangan tanah (σ) semakin bertambah. Pada tanah asli nilai mengalami penurunan nilai tegangan tanah menjadi sebesar 119,82 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 8% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan nilai tegangan tanah menjadi 735,27 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 10% terhadap 1 m³ tanah asli pada umur 4 hari terjadi kenaikan menjadi 942,23 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 12% terhadap 1 m³ tanah asli terjadi kenaikan menjadi sebesar 1.023,92 kN/m², pada campuran 1 kg additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dan semen 14% terhadap 1 m³ tanah asli menjadi sebesar 1.813,51 kN/m². Semakin banyak kadar semen dan ditambahkan dengan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) maka nilai tegangan hasil uji UCS semakin meingkat. Hal ini terjadi dikarenakan dengan adanya penambahan semen dan *DIFA Soil Stabilizer* maka ini menunjukkan bereaksinya semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) terhadap air yang ada pada pori-pori tanah. Dimana semen bersifat mendesak air tanah keluar dari pori-pori tanah dan pori-pori tanah diisi oleh semen sehingga tanah menjadi padat, sementara additif (*DIFA Soil Stabilizer*) bekerja sebagai mempercepat proses kristalisasi terhadap air dalam pori-pori tanah sehingga proses stabilisasi menjadi lebih cepat, dan tingkat kerapatan atau kepadatan tanah semakin besar. Hasil uji UCS yang dituangkan melalui grafik hubungan tegangan dengan regangan pada sampel 4 hari dalam kondisi unsoaked dapat dilihat pada **Gambar 2**.



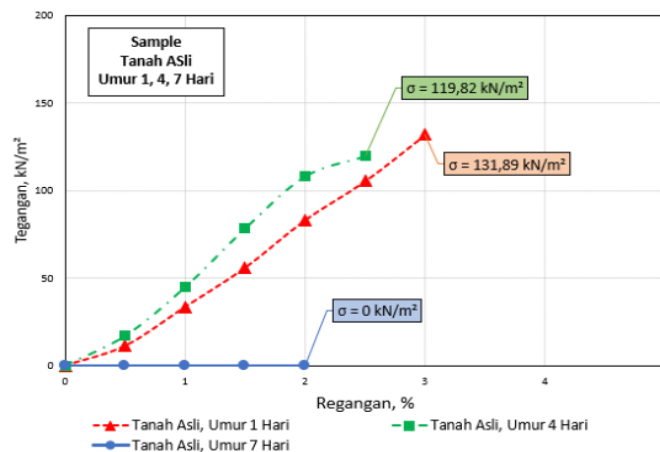
Gambar 2 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Umur Sampel 4 Hari (*Unsoaked*)

Umur Sampel 7 Hari (*Soaked*) dari Gambar 3 menunjukkan bahwa pada umur 7 hari dimana sampel dilakukan perendaman selama 3 hari setelah 4 hari dilakukan pemeraman, nilai tegangan tanah (σ) yang diperoleh mengalami penurunan dari nilai tegangan dengan sampel pemeraman, hal ini disebabkan dengan dilakukannya perendaman maka kadar air tanah semakin bertambah dan mengakibatkan tanah menjadi lebih lembek, namun demikian nilai tegangan yang diperoleh tetap lebih tinggi dari nilai tegangan tanah asli. Pada umur 7 hari nilai Tegangan tanah asli sebesar 0 kN/m², nilai tegangan dengan kadar semen 8% ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dengan kadar 1 kg/m³ dari berat tanah kering adalah sebesar 214,32 kN/m², untuk tanah dengan campuran semen 10% dari berat isi tanah kering permukaan ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebanyak 1 kg/m³ dari berat tanah kering permukaan adalah sebesar 527,57 kN/m², untuk tanah dengan campuran semen 12% dari berat isi tanah kering permukaan ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebanyak 1 kg/m³ dari berat tanah kering permukaan adalah sebesar 989,19 kN/m², untuk tanah dengan campuran semen 14% dari berat isi tanah kering permukaan ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebanyak 1 kg/m³ dari berat tanah kering permukaan adalah sebesar 1.005,68 kN/m². Hasil uji UCS yang dituangkan melalui grafik hubungan tegangan dengan regangan pada sampel 7 hari dapat dilihat pada Gambar 3



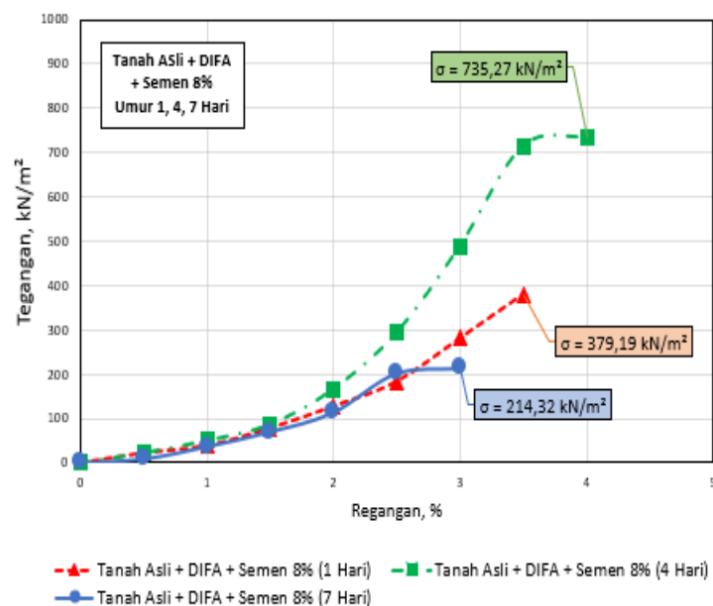
Gambar 3 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Umur Sampel 7 Hari (*Soaked*)

Dari **Gambar 4** menunjukkan bahwa hasil uji UCS pada tanah asli menunjukkan bahwa nilai tegangan tanah asli terjadi perubahan nilai tegangan dimana pada umur sampel 1 sampai umur 4 hari, namun pada umur 7 hari tidak dapat dilakukan pengujian dikarenakan kondisi sampel tanah yang tidak bisa mempertahankan bentuk setelah dilakukan perendaman. Hasil uji UCS pada umur 1 hari menunjukkan hasil tegangan tanah sebesar 131,89 kN/m² dan terjadi penurunan pada umur sampel 4 hari yaitu sebesar 119,82 kN/m².



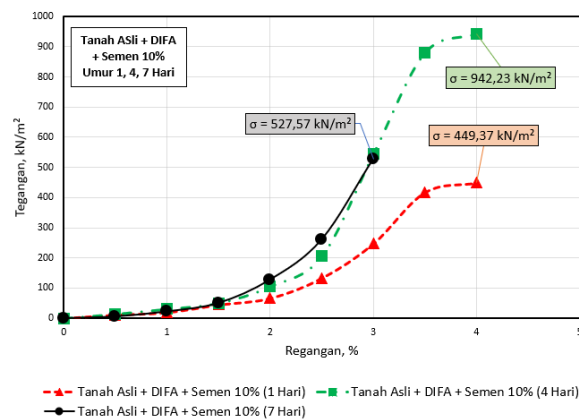
Gambar 4 Grafik Hubungan Tegangan - Regangan Tanah Asli
(Unsoaked : 1 Hari, 4 Hari dan Soaked : 7 Hari)

Dari Gambar 5 dari hasil uji UCS menunjukkan bahwa nilai Tegangan tanah campuran (tanah asli + DIFA + semen 8%) mengalami peningkatan pada hari ke 4 dengan sampel diperam, namun mengalami penurunan pada sampel umur 7 hari dengan perlakuan perendaman. Dari hasil uji UCS pada umur 1 hari adalah sebesar 379,19 kN/m², dan pada umur sampel 4 hari maka diperoleh hasil uji UCS dengan nilai tegangan sebesar 735,27 kN/m², hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai tegangan tanah dengan sampel pemeraman seiring dengan adanya penambahan waktu pemeraman dan dengan kadar semen dan additif yang sama pada umur 1 hari. Pada umur 7 hari diperoleh hasil uji UCS dengan nilai tegangan sebesar 214,32 kN/m². Perilaku tegangan dengan regangan ini menunjukkan bahwa semakin lama pemeraman maka nilai tegangan hasil uji UCS semakin tinggi, dan mengalami penurunan tegangan pada sampel yang direndam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perendaman maka akan terjadi peningkatan kadar air tanah dan akan lebih banyak lagi terbentuknya pori-pori tanah terisi air yang mengakibatkan tanah campuran menjadi lembek, mengakibatkan nilai tegangan menjadi kecil.



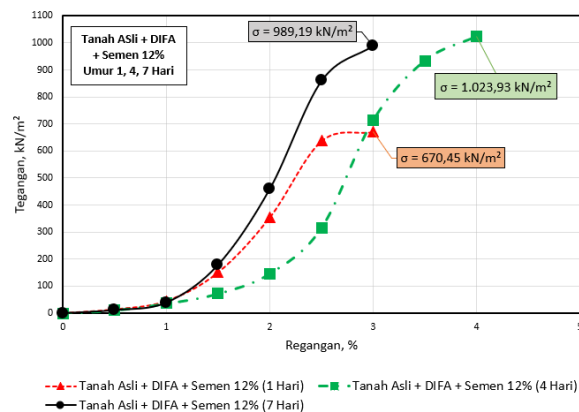
Gambar 5 Grafik Hubungan Tegangan - Regangan Untuk Tanah Asli+DIFA+Semen 8%
(Unsoaked : 1 Hari, 4 Hari dan Soaked : 7 Hari)

Dari **Gambar 6** menunjukkan bahwa nilai tegangan tanah campuran (tanah asli + DIFA + semen 10%) hasil uji UCS memberikan hasil yang baik, hal ini ditunjukkan bahwa nilai tegangan tanah hasil uji UCS dengan kadar semen 10% yang dicampur dengan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebesar 1 kg pada umur sampel 1 hari adalah sebesar 449,37 kN/m², sementara pada umur 4 hari nilai tegangan tanah diperoleh sebesar 942,23 kN/m², hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan nilai tegangan tanah seiring dengan lama pemeraman namun dengan kadar campuran yang sama [13]. Pada umur sampel 7 hari dengan perlakuan sampel direndam maka dari hasil uji UCS sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 6 bahwa nilai tegangan mengalami penurunan dan lebih kecil dari nilai tegangan umur 4 hari. Hasil uji UCS umur 7 hari dengan perendaman adalah sebesar 527,57 kN/m². Penurunan tegangan ini terjadi karena dengan perendaman maka kadar air tanah menjadi meningkat dan akan lebih banyak lagi terbentuknya rongga-rongga yang terisi air mengakibatkan tanah campuran menjadi lembek, sehingga tegangan tanah menjadi kecil.



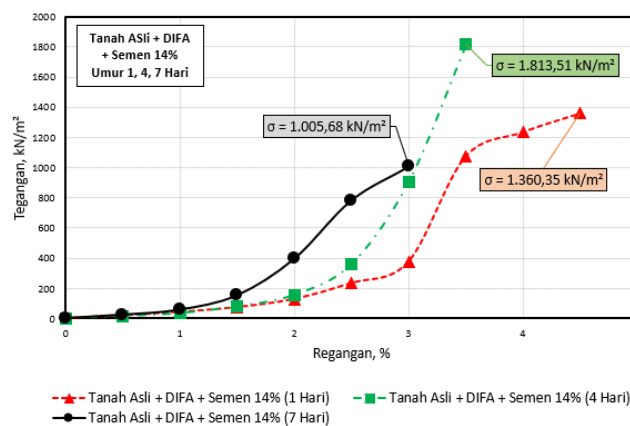
Gambar 6 Grafik Hubungan Tegangan - Regangan Untuk Tanah Asli+DIFA+Semen 10% (Unsoaked : 1 Hari, 4 Hari dan Soaked : 7 Hari)

Dari **Gambar 7** menunjukkan bahwa nilai tegangan tanah campuran (tanah asli + DIFA + semen 12%) hasil uji UCS memberikan hasil yang baik, hal ini ditunjukkan bahwa nilai tegangan tanah hasil uji UCS dengan kadar semen 12% yang dicampur dengan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebesar 1 kg pada umur sampel 1 hari adalah sebesar 670,45 kN/m², sementara pada umur 4 hari nilai tegangan tanah diperoleh sebesar 1.023,93 kN/m², hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan nilai tegangan tanah seiring dengan lama pemeraman namun dengan kadar campuran yang sama. Pada umur sampel 7 hari dengan perlakuan sampel direndam maka dari hasil uji UCS sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 7 bahwa nilai tegangan mengalami penurunan dan lebih kecil dari nilai tegangan umur 4 hari. Hasil uji UCS umur 7 hari dengan perendaman memiliki nilai tegangan sebesar 989,19 kN/m².



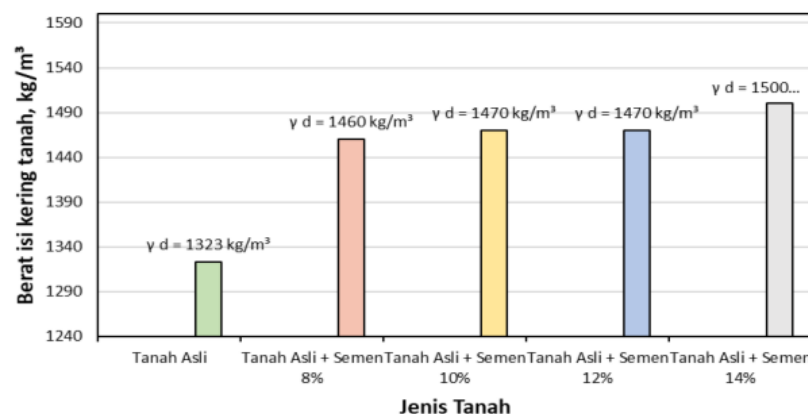
Gambar 7 Grafik Hubungan Tegangan - Regangan Untuk Tanah Asli+DIFA+Semen 12% (Unsoaked : 1 Hari, 4 Hari dan Soaked : 7 Hari)

Dari **Gambar 8** menunjukkan bahwa nilai tegangan tanah campuran (tanah asli + DIFA + semen 14%) hasil uji UCS memberikan hasil yang baik, hal ini ditunjukkan bahwa nilai tegangan tanah hasil uji UCS dengan kadar semen 14% yang dicampur dengan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebesar 1 kg pada umur sampel 1 hari adalah sebesar 1.360,35 kN/m², sementara pada umur 4 hari nilai tegangan tanah diperoleh sebesar 1.813,51 kN/m², hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan nilai tegangan tanah seiring dengan lama pemeraman namun dengan kadar campuran yang sama. Pada umur sampel 7 hari dengan perlakuan sampel direndam maka dari hasil uji UCS sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 8 bahwa nilai tegangan mengalami penurunan dan lebih kecil dari nilai tegangan umur 1 hari dan 4 hari. Hasil uji UCS umur 7 hari dengan perendaman memiliki nilai tegangan sebesar 1.005,68 kN/m².



Gambar 8. Grafik Hubungan Tegangan - Regangan Untuk Tanah Asli+DIFA+Semen 14% (Unsoaked : 1 Hari, 4 Hari dan Soaked : 7 Hari)

Dari **Gambar 9** menunjukkan bahwa berdasarkan sampel uji UCS nilai Berat isi kering tanah (γ_d) mengalami peningkatan dari berat isi kering tanah asli, hal ini seiring dengan penambahan kadar semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*). Berat isi kering tanah asli dari uji UCS diperoleh sebesar 1.259 kg/m³, berat isi kering tanah dengan campuran semen 8% dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) sebesar 1.368 kg/m³, berat isi kering tanah dengan campuran semen 10% ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) diperoleh hasil sebesar 1.392 kg/m³, berat isi kering tanah dengan campuran semen 12% ditambah additif (*DIFA Soil Stabilizer*) diperoleh hasil sebesar 1.387 kg/m³, berat isi kering tanah dengan campuran semen 14% ditambah additive (*DIFA Soil Stabilizer*) diperoleh hasil sebesar 1.430 kg/m³. Dari hasil yang diuraikan diatas menunjukkan bahwa berat isi kering tanah asli mengalami peningkatan seiring dengan penambahan semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*). Peningkatan ini sebagaimana yang diuraikan sebelumnya adalah dikarenakan sifat semen dapat meningkatkan kerapatan tanah dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) juga berfungsi sebagai pemadat dan sebagai stabilisasi. Untuk hasil uji berat isi kering untuk tanah asli dan tanah terstabilisasi dengan semen dan additif (*DIFA Soil Stabilizer*) dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9 Grafik Hubungan Kepadatan Tanah dengan Jenis Tanah

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa stabilisasi tanah dengan campuran semen dan aditif DIFA Soil Stabilizer efektif meningkatkan kepadatan dan kuat tekan bebas (UCS) tanah di Tanjungpinang. Nilai kepadatan tanah meningkat seiring dengan penambahan kadar semen dan aditif, dengan nilai tertinggi sebesar 1.500 kg/m³ pada campuran semen 14%. Uji UCS juga menunjukkan peningkatan signifikan, di mana kondisi unsoaked mencapai nilai maksimum 1.813,51 kN/m² dan kondisi soaked sebesar 1.005,68 kN/m² pada campuran yang sama. Penambahan semen dan DIFA Soil Stabilizer membantu meningkatkan stabilitas tanah dengan mengisi rongga tanah dan membentuk struktur kristal yang kuat. Hasil ini membuktikan bahwa metode stabilisasi ini efektif untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar (subgrade) dan dapat diandalkan untuk aplikasi konstruksi jalan di daerah dengan karakteristik tanah serupa.

REFERENSI

- [1] F. Muqorrobin, Halim, A., Yusa, M., & Fatnanta, "Stabilisasi Tanah Lempung Organik Menggunakan Semen Dan Difa Soil Stabilizer.," *J. Tek. Sipil Univ. Riau*, vol. 1(1), 1–6., 2018.
- [2] A. D.-2487-66T. (n.d.), "Standart Classification Of Soil For Engineering".
- [3] H. Hardiyatmo, C, "Analisa dan Perancangan Fondasi".
- [4] S. 1744, *Metode Uji CBR Laboratorium*. 2012.
- [5] S. 1742, *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*. 2008.
- [6] J. . Ingles, O.G, dan Metcalf, "Soil stabilization Principle and Practice, Butterworths Pty,," 1972.
- [7] A. (Herwanto, "Analisis Parameter Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah Lempung Berplastisitas Rendah Menggunakan Bahan Additive Difa Soil Stabilizer Dan Semen. In Universitas Muhammadiyah Metro.," *niversitas Muhammadiyah Metro.*, 2021.
- [8] P. D. Mahakarya., *DIFA Soil Stabilizer*.
- [9] N. Puteri, Fairuza, "Pengaruh Penambahan Difa Soil Stabilizer Dan Semen Pada Tanah Lempung Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah (The Influence Of Difa Soil Stabilizer And Cement On Clay Stabilization To Shear Strength Of Soil Parameter).," *Univ. Islam Indones.*, vol. (Vol 1, Nu, 2022.
- [10] A. D. 70., *Standard Test Methods for Labotatory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort*.
- [11] & V. Andrea, B., Warman, H., "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Difa Soil Stabilizer Dan Semen PC.," *J. Progr. Stud. Tek. Sipil*, vol. 11(2), 135, 2022.
- [12] J. E. 1991 Bowles, "Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).," *Erlangga: Jakarta*, 1991.
- [13] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Lapis Pondasi Semen Komposit (SKh-1.3.4.3)*. 2013.