

ANALISIS STABILISASI SEMEN KOMPOSIT DENGAN TANAH TEMPATAN BUKIT PELINTUNG DUMAI MENGGUNAKAN BAHAN ADITIF (DIFA STABILIZER) STUDI KASUS OPRIT JEMBATAN JALAN LINTAS DUMAI-PAKNING

ANALYSIS OF COMPOSITE CEMENT STABILIZATION WITH LOCAL SOIL OF BUKIT PELINTUNG DUMAI USING ADDITIVE MATERIAL (DIFA STABILIZER) CASE STUDY OF DUMAI-PAKNING CROSSROAD BRIDGE OPRIT

Widodo¹, Sugeng Wiyono¹, Mohammad Syahminan^{1*}

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

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

Diterima: 4 Februari 2024; Direvisi: 18 April 2024; Disetujui: 5 Mei 2024

Abstrak

Tanah Bukit Pelintung Dumai sebagai *raw material* sering digunakan sebagai perbaikan tanah dasar (*subgrade*) diberbagai wilayah kota Dumai dan juga wilayah kabupaten Bengkalis. Stabilisasi tanah dengan menggunakan semen (*soil cement stabilizer*) sudah sering diaplikasikan dalam pekerjaan perbaikan tanah dasar di proyek pembangunan jalan maupun oprit jembatan, namun capaian daya dukung yang masih belum maksimal dan penggerusan/abrasi di oprit jembatan sering terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan membandingkan nilai CBR *soil cement* dengan *raw material* yang berasal dari Bukit Pelintung Kota Dumai menggunakan semen PCC dan OPC dengan penambahan beberapa variasi persentase DIFA soil stabilizer. Metode penelitian ini adalah dengan melakukan eksperimen di laboratorium. Dengan material yang digunakan adalah tanah yang berasal dari Bukit Pelintung. Pada penelitian ini di ambil sampel tanah sebanyak tiga sampel tanah dari lokasi yang sama. Tanah yang digunakan untuk penelitian ini tergolong sebagai tanah lempung berpasir dengan plastisitas rendah. Persentase semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12% terhadap jumlah tanah, sementara untuk persentase jumlah soil stabilizer yang digunakan adalah 0,8%, 1,0% dan 1,2% terhadap pemakaian jumlah semen. Uji CBR laboratorium dilakukan dengan mengacu pada metode uji CBR laboratorium yang tertuang dalam SNI 1744:2012. Selanjutnya hasil uji CBR tersebut dianalisis dan ditarik kesimpulannya. Hasil penelitian ini didapatkan sebelum dilakukan penambahan semen dan soil stabilizer, tanah dari Bukit Pelintung Kota Dumai memiliki nilai CBR 18,38% (Tanah), setelah dilakukan penambahan semen dan soil stabilizer nilai CBR meningkat hingga 232,58% pada campuran optimum 12% OPC + 1,2% DIFA soil stabilizer. Perbandingan nilai CBR tanah yang distabilisasikan dengan semen komposit dan semen OPC, dapat diketahui bahwa penggunaan semen OPC memberikan peningkatan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan semen PCC. Dengan nilai CBR yang didapatkan, lapisan tanah dengan campuran semen dan penambahan DIFA soil stabilizer dapat digunakan sebagai lapis pondasi bawah (LPB).

Kata Kunci: OPC, PCC, Soil Cement, Soil Stabilizer, Stabilisasi

Abstract

Bukit Pelintung Dumai soil as a *raw material* is often used as a *subgrade soil improvement* in various areas of Dumai city and also the Bengkalis regency area. Soil stabilization using cement (*soil cement stabilizer*) has often been applied in basic soil improvement work in road construction projects and bridge oprit, but the achievement of carrying capacity is still not optimal and erosion/abrasion in bridge oprit often occurs. This study aims to analyze and compare the value of CBR soil cement with *raw materials* from Bukit Pelintung, Dumai City using PCC and OPC cement with the addition of several variations in the percentage of DIFA soil stabilizer. The method of this research is to conduct experiments in the laboratory. The laboratory CBR test is carried out by referring to the laboratory CBR test method contained in SNI 1744:2012. Furthermore, the results of the CBR test are analyzed and conclusions drawn. The results of this study were obtained before the addition of cement and soil stabilizer, the soil from Bukit Pelintung, Dumai City had a CBR value of 17.35% (Land A), 18.89% (Land B) and 18.89% (Land C). After the addition of cement and soil stabilizer, the CBR value increased to 233.33% in the optimum mixture of 12% OPC + 1.2% DIFA soil stabilizer. Based on the results of the study, a comparison of the CBR value of stabilized soil with composite cement and OPC cement can be found that OPC cement provides a higher increase in CBR value compared to the use of composite cement. With the CBR value obtained, the soil layer with a cement mixture and the addition of DIFA soil stabilizer can be used as a base.

Keywords: OPC, PCC, Soil Cement, Soil Stabilizer, Stabilization

1. PENDAHULUAN

Pengembangan proyek konstruksi, khususnya pembangunan jalan dan struktur lainnya di kota Dumai pada kondisi tanah yang kurang ideal dapat menjadi kendala serius. Tanah Bukit Pelintung Dumai sebagai *raw material* sering digunakan sebagai perbaikan tanah dasar (*subgrade*) di berbagai wilayah kota Dumai dan juga wilayah kabupaten Bengkalis karena memiliki karakteristik yang baik. Hal ini sering menghadapi tantangan dalam pengembangan infrastruktur terutama terkait kualitas tanah setempat. Stabilisasi tanah dengan menggunakan semen (*soil cement stabilizer*) sudah sering diaplikasikan dalam pekerjaan perbaikan tanah dasar di proyek pembangunan jalan maupun oprit jembatan, namun capaian daya dukung yang masih belum maksimal dan penggerusan/abrasi di oprit jembatan sering terjadi. Dari berbagai penelitian yang ada saat ini penggunaan aditif DIFA *stabilizer* pada semen komposit dengan tanah bisa meningkatkan daya dukung yang lebih optimal di lapangan. Oleh karena itu ketertarikan untuk menganalisis stabilisasi tanah tempatan (*raw material* bukit pelintung) dengan menggunakan semen komposit dan bahan aditif DIFA *Stabilizer* menjadikan tantangan sehingga menjadi langkah yang penting untuk memastikan keberhasilan proyek infrastruktur jalan di wilayah kota Dumai khususnya. Di berbagai daerah dengan geografis dan geologis yang berbeda akan mempengaruhi tipe tanah, kekuatan tanah, dan kemampuan daya dukungnya. Hal ini juga menjadi tantangan dalam pembangunan infrastruktur terkhusus pada perbaikan tanah dasar (*subgrade*) [1]. Pada proyek-proyek konstruksi, terutama pembangunan jalan lintas sering kali dihadapkan pada tantangan ketahanan dan stabilitas tanah, sehingga untuk mengatasi tantangan ini sangat diperlukan dengan menggunakan metode stabilisasi yang tepat [2]. Beban yang berlebih atau overload sangat cepat mempengaruhi kerusakan struktur jalan yang ada, dan hal tersebut menjadi lebih buruk lagi didukung tanah dasar atau *subgrade* yang mempunyai nilai CBR rendah. Memperhatikan kota Dumai salah satu kota industri di wilayah provinsi Riau di mana angkutan logistik yang melewati dengan tonase yang besar dan juga sering dijumpai kendaraan ODOL (*over load dan over dimension*). Kendaraan ODOL adalah kendaraan dengan berat beban sumbu kendaraan yang melebihi muatan sumbu standar, seperti Dump Truk yang seharusnya bermuatan sumbu 16 ton dimodifikasi sedemikian rupa hingga mencapai 30 ton. Sehingga guna ketahanan infrastruktur jalan yang dibangun harus benar – benar diperhatikan terutama terkait perbaikan tanah dasarnya (*subgrade*). Hal ini penting untuk memastikan keamanan, kenyamanan dan keberlanjutan infrastruktur serta umur rencana pembangunan tercapai [3]. Dari uraian di atas perlu dilakukan Analisis Stabilisasi semen komposit dengan tanah tempatan bukit pelintung Dumai menggunakan bahan aditif (DIFA *stabilizer*). Hipotesa awal berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori maka jika tanah dicampur dengan semen dan additif DIFA *Soil Stabilizer* dengan kadar campuran tertentu akan dapat meningkatkan parameter kepadatan dan CBR, bahkan dapat digunakan sebagai *Subgrade* untuk lalu lintas yang lebih berat. bahwa pelaksanaan penelitian ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh [4] dimana dalam penelitian tersebut telah dilakukan pengamatan secara langsung di Laboratorium Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan DIFA *Soil Stabilizer* dan Semen PC. Pengembangan dari hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pengamatan di laboratorium pada tanah yang berasal dari Bukit Pelintung Kota Dumai distabilisasikan dengan dua jenis semen portland (OPC dan PCC) yang ditambahkan tiga variasi persentase DIFA *soil stabilizer* kedalam campuran *soil cement* [3]. Sehingga penelitian ini menjadi penelitian yang berbeda dengan penelitian sebelumnya dan dapat dilaksanakan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental di laboratorium untuk menganalisis stabilisasi tanah lokal Bukit Pelintung, Dumai, menggunakan semen komposit yang dicampur dengan bahan aditif (DIFA *Stabilizer*). Studi ini berfokus pada penerapan stabilisasi tanah pada oprit jembatan di Jalan Lintas Dumai-Pakning. Tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel, persiapan material, pembuatan campuran, dan pengujian sifat teknis tanah yang telah distabilisasi.

Sampel tanah diambil dari lokasi Bukit Pelintung, Dumai, dengan jumlah tiga sampel dari titik lokasi yang sama untuk memastikan homogenitas material. Tanah yang digunakan dikategorikan sebagai tanah lempung berpasir dengan plastisitas rendah berdasarkan analisis awal sifat indeks tanah. Setelah pengambilan, tanah dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kelembapan alami,

kemudian dihancurkan dan disaring melalui ayakan No. 4 untuk mendapatkan butiran tanah yang seragam. Semen komposit digunakan sebagai bahan pengikat utama dengan persentase 12% dari berat kering tanah, sementara DIFA Stabilizer sebagai bahan aditif digunakan dengan variasi konsentrasi 0,8%, 1,0%, dan 1,2% terhadap berat semen [5].

Campuran tanah, semen komposit, dan DIFA Stabilizer dibuat sesuai dengan persentase yang telah ditentukan. Setiap campuran diaduk hingga homogen menggunakan metode pencampuran manual dan mekanis untuk memastikan distribusi material yang merata. Kadar air optimum untuk pencampuran ditentukan berdasarkan uji pemadatan standar (*Standard Proctor Test*). Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik fisik dan mekanis tanah setelah proses stabilisasi. Pengujian meliputi analisis sifat indeks tanah, seperti berat jenis, analisis ukuran butir, dan batas Atterberg untuk menentukan klasifikasi tanah awal [6]. Selain itu, dilakukan uji pemadatan (*Proctor Test*) untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi maksimum dari campuran tanah yang distabilisasi. Uji CBR laboratorium juga dilakukan untuk mengukur daya dukung tanah dengan kondisi rendaman (*soaked*) dan tanpa rendaman (*unsoaked*) sesuai dengan standar SNI 1744:2012. Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) juga dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan tanah yang telah distabilisasi.

Hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh persentase DIFA Stabilizer terhadap peningkatan daya dukung dan stabilitas tanah. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai CBR dan parameter mekanis lainnya pada masing-masing variasi campuran. Sebagai studi kasus, hasil laboratorium dibandingkan dengan kebutuhan teknis stabilisasi untuk oprit jembatan di Jalan Lintas Dumai-Pakning. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pemilihan metode stabilisasi tanah yang efektif dan efisien untuk kebutuhan konstruksi jalan di wilayah tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilisasi tanah lokal Bukit Pelintung, Dumai, menggunakan semen komposit yang dicampur dengan bahan aditif DIFA *Stabilizer* pada oprit jembatan Jalan Lintas Dumai-Pakning. Metode penelitian melibatkan eksperimen laboratorium dengan tiga sampel tanah dari lokasi yang sama. Pengambilan tiga sampel tanah bertujuan untuk meminimalkan potensi kesalahan akibat *human error* selama proses pengujian. Tanah yang digunakan dikategorikan sebagai tanah lempung berpasir dengan plastisitas rendah. Nilai rata-rata dari setiap pengujian pada ketiga sampel digunakan untuk analisis [7]. Studi ini mencakup tujuh variasi campuran tanah, yaitu tanah tanpa stabilisasi, tanah dengan semen PCC (*Portland Composite Cement*), dan tanah dengan semen OPC (*Ordinary Portland Cement*), dengan penambahan DIFA *Stabilizer* pada persentase 0,8%, 1,0%, dan 1,2% [8]. Penentuan persentase semen didasarkan pada berat tanah kering, sedangkan persentase DIFA *Stabilizer* dihitung berdasarkan berat semen karena bahan aditif ini bereaksi dengan semen untuk meningkatkan stabilitas campuran tanah-semen.

Pada penelitian ini diambil sampel tanah sebanyak tiga sampel tanah dari lokasi yang sama. Sehingga sebelumnya terdapat sampel tanah A, tanah B dan Tanah C. Pengambilan tiga sampel tanah tersebut dimaksudkan sebagai pencegahan terhadap *human error* pada saat pengujian di laboratorium [9]. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lempung berpasir dengan plastisitas rendah. Selanjutnya pada pembahasan ini dari ketiga sampel tersebut akan diambil nilai rata – rata pada setiap pengujian. Sehingga pada penelitian ini terdapat tujuh variasi campuran, dimana masing – masing variasi mempunyai tiga buah sampel. Penentuan persentase semen berdasarkan jumlah tanah. Sementara persentase Difa *soil stabilizer* mengacu pada jumlah semen yang digunakan dalam campuran, karena *soil stabilizer* akan bereaksi terhadap semen yang digunakan dalam campuran tanah yang distabilisasi menggunakan semen.

Pengujian berat isi tanah dilakukan sebelum dan sesudah uji penetrasi untuk menentukan berat tanah basah dan kering dengan penggunaan aditif (Difa *stabilizer*) dan dua jenis semen, yaitu PCC (*Portland Composite Cement*) dan OPC (*Ordinary Portland Cement*). Adapun hasil pengujian berat isi tanah dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil pengujian berat isi tanah menunjukkan dengan tanah yang dicampurkan dengan semen OPC mengalami peningkatan nilai hasil uji berat isi lebih besar dibandingkan tanah yang campur dengan semen PCC. Selain jenis semen, persentase penambahan *soil stabilizer* juga mempengaruhi berat isi tanah. Berat isi tanah menunjukkan peningkatan setelah

pengujian dengan penambahan DIFA *Stabilizer* dan penambahan kedua jenis semen, yang menunjukkan pemadatan selama uji penetrasi.

Tabel 1 Hasil Uji Berat Isi Tanah

No	Variasi Campuran	Berat Isi Kering (gr/cm^3)		Berat Isi Basah (gr/cm^3)	
		Sebelum Uji CBR	Sesudah Uji CBR	Sebelum Uji CBR	Sesudah Uji CBR
1	Tanah	1,867	1,889	2,086	2,116
2	Tanah+12%PCC+0,8%DIFA	1,925	1,942	2,096	2,154
3	Tanah+12%PCC+1,0%DIFA	1,927	1,959	2,114	2,179
4	Tanah+12%PCC+1,2%DIFA	1,935	1,962	2,119	2,179
5	Tanah+12%OPC+0,8%DIFA	1,935	1,966	2,108	2,166
6	Tanah+12%OPC+1,0%DIFA	1,935	1,960	2,109	2,167
7	Tanah+12%OPC+1,2%DIFA	1,933	1,966	2,119	2,186

Sumber: Hasil Pengujian Lab.Tanah (2023)

Pada penambahan semen OPC Berat isi basah dan kering mengalami peningkatan yang signifikan, menunjukkan bahwa OPC memberikan hasil pemadatan yang baik dan meningkatkan densitas tanah. Sedangkan pada penambahan semen PCC Berat isi basah dan kering juga meningkat, tetapi peningkatan tidak sebesar pada campuran dengan OPC. PCC memberikan kekuatan awal yang lebih cepat tetapi kurang optimal dalam peningkatan densitas tanah dibandingkan OPC.

Kadar air tanah diukur sebelum dan sesudah pengujian untuk menentukan perubahan kelembaban tanah dengan kedua jenis semen. hasil pengujian kadar air tanah pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Pengujian Air

Variasi Campuran	Berat Tanah Basah+Tempat (gr)	Berat Tanah Kering+Tempat (gr)	Berat Tempat (gr)	Kadar Air (%)
Sebelum+PCC	524	484	147	11,87
Sesudah+PCC	667	610	147	12,24
Sebelum+OPC	535	495	147	11,87
Sesudah+OPC	488	453	144	11,33

Sumber: Pengujian Laboratorium, (2023)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui rata – rata kadar air untuk campuran pada penambahan semen PCC adalah 12.055% dan pada penambahan semen OPC adalah 11.60%. Kadar air tanah mengalami perubahan selama pengujian dengan kedua jenis semen. Peningkatan kadar air setelah pengujian menunjukkan bahwa tanah mampu menyerap air selama pengujian, yang dapat mempengaruhi kekuatan dan stabilitas tanah. Pada penambahan semen PCC Peningkatan kadar air dari 11.87% menjadi 12.24% menunjukkan bahwa tanah menyerap lebih banyak air. PCC mungkin memerlukan waktu pengikatan yang lebih lama, sehingga memberikan kesempatan bagi tanah untuk menyerap air lebih banyak. Pada penambahan OPC Kadar air sedikit menurun dari 11.87% menjadi 11.33%. OPC memberikan kekuatan awal yang lebih cepat dan mungkin mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air selama pengujian.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsistensi tanah yang menjadi bahan pengamatan dalam penelitian ini. Kandungan air yang terdapat di dalam tanah dapat mempengaruhi kondisi tanah, yaitu menjadi padat, semi padat, plastis, dan cair tergantung banyak dan dikitnya kadar air pada tanah. Atterberg pada tahun 1911 dalam Hardiyatmo (2012) memberikan gambaran untuk menentukan batas susut (SL), batas plastis (PL), batas cair (LL), dan indeks plastisitas (PI) pada tanah berbutir halus dengan cara mengetahui kandungan kadar air tanah tersebut. Adapun hasil pengujian bata – batas atterberg dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Batas – Batas Atterberg

No	Variasi Campuran	Atterberg Limits		
		LL	PL	PI
1	Tanah	22,33	15,68	6,66
2	Tanah+OPC	19,53	13,66	5,87
3	Tanah+PCC	18,70	13,60	5,11

Sumber: Uji Laboratirium,(2023)

Sebagaimana yang disebutkan dalam spesifikasi umum Bina Marga, tanah yang akan distabilisasikan sebagai soil cement harus mempunyai indeks plastisitas yang rendah atau tanah lateri yang mempunyai sifat – sifat kekuatan yang baik. Tanah yang dikategorikan sebagai tanah plastisitas rendah memiliki nilai indeks plastisitas <7 . Sehingga tanah yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan tersebut dengan nilai indeks plastisitas 6,66. Berdasarkan klasifikasi USCS tanah pada penelitian ini termasuk ke dalam jenis Clayed Sand (lempung anorganik dengan plastisitas rendah). Setelah ditambahkan semen OPC dan PCC, nilai indeks plastisitas tanah menjadi lebih kecil, sehingga menunjukkan kondisi tanah lebih baik setelah penambahan semen tersebut.

Pada penelitian ini terdapat beberapa variasi tanah yang di uji untuk mendapatkan nilai CBR nya, variasi pertama adalah tanah asli (*raw material*) dari Bukit Pelintung Kota Dumai tanpa penambahan semen dan soil strabilizer. Adapun hasil uji CBR dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Hasil Uji CBR

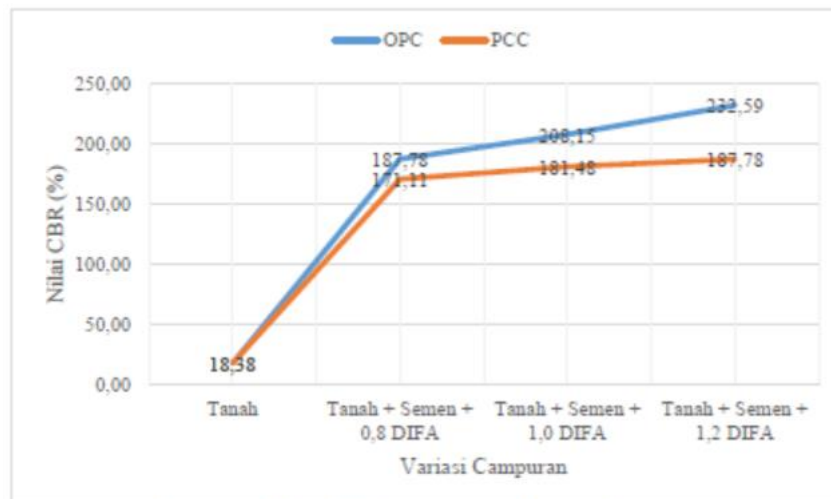
No	Variasi Campuran	Nilai CBR (%)	
		0,1"	0,2"
1	Tanah	15,29	18,38
2	Tanah+12%PCC+0,8%DIFA	122,78	171,11
3	Tanah+12%PCC+1,0%DIFA	126,66	181,11
4	Tanah+12%PCC+1,2%DIFA	127,78	187,78
5	Tanah+12%OPC+0,8%DIFA	145,78	187,78
6	Tanah+12%OPC+1,0%DIFA	154,44	208,15
7	Tanah+12%OPC+1,2%DIFA	182,22	232,59

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui sampel tanah asli yang diambil dari Bukit Pelintung Dumai memiliki nilai CBR rata – rata 15,29% untuk penetrasi 0,1" dan 18,38% untuk penetrasi 0,2". Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanah asli tanpa penambahan semen dan soil stabilizer adalah dalam kondisi sedang hingga baik. Untuk membuat tanah memiliki nilai CBR lebih tinggi maka perlu dilakukan stabilisasi dengan penambahan semen dan soil stabilizer.

Hasil uji CBR untuk tanah yang ditambahkan dengan semen dan *soil stabilizer* menunjukkan peningkatan nilai CBR. Nilai CBR pada variasi yang menggunakan semen PCC berkisar antara 171,11% sampai dengan 187,78%, dan nilai CBR variasi campuran yang menggunakan semen OPC berkisar antara 187,78% sampai dengan 232,59%. Nilai CBR meningkat dengan signifikan dibandingkan tanah tanpa penambahan semen dan *soil stabilizer*.

Hasil uji CBR untuk tanah yang ditambahkan dengan semen dan *soil stabilizer* menunjukkan peningkatan nilai CBR. Nilai CBR pada variasi yang menggunakan semen PCC berkisar antara 171,11% sampai dengan 187,78%, dan nilai CBR variasi campuran yang menggunakan semen OPC berkisar antara 187,78% sampai dengan 232,59%. Nilai CBR meningkat dengan signifikan dibandingkan tanah tanpa penambahan semen dan soil stabilizer.

Dari uraian pada sub bab sebelumnya, diketahui bahwa stabilisasi tanah dengan semen komposit (PCC) maupun OPC dengan penambahan DIFA *soil stabilizer* dapat memberikan peningkatan nilai CBR yang signifikan. Sehingga tanah yang sudah distabilisasikan dapat dikategorikan sebagai tanah yang sangat baik (nilai CBR $>30\%$). Material tanah yang digunakan sebagai bahan soil cement harus memenuhi persyaratan ukuran paling besar dari partikel batu harus lebih kecil dari 75 mm, kurang dari 50% melewati saringan No. 200, bebas dari bahan organik dan memiliki nilai CBR minimum 12% (Bina Marga, 2018). Untuk lebih jelas perbandingan stabilisasi tanah yang menggunakan semen komposit (PCC) dan semen OPC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Perbandingan Variasi Campuran

Berdasarkan **Gambar 1** dapat diketahui pada setiap contoh tanah, penggunaan semen OPC dengan berbagai variasi persentase DIFA soil stabilizer pada tanah memberikan peningkatan nilai CBR yang lebih besar dibandingkan dengan semen komposit (PCC). Terjadi selisih nilai CBR sebesar 13,33% pada penambahan DIFA 0,8%, sementara pada penambahan DIFA 1,0% terjadi selisih nilai CBR sebesar 26,67%, dan pada penambahan DIFA 1,2% terjadi selisih nilai CBR 44,81%. Semakin meningkat persentase DIFA yang diberikan ke dalam campuran soil cement maka semakin besar selisih peningkatan nilai CBR, akan tetapi pada seluruh persentase DIFA, komposisi campuran yang menggunakan semen OPC memberikan peningkatan nilai CBR lebih tinggi dibandingkan penggunaan semen PCC [9].

Hal ini terjadi karena reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah-semen membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih menahan beban yang diberikan. Semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran tanah menjadi lebih besar [8]. Semen OPC yang mempunyai kandungan *portland cement* yang lebih banyak dibandingkan semen komposit membuat ikatan pada mekanisme setting dan *hardening* pada tanah yang distabilisasikan menjadi lebih kuat sehingga menghasilkan nilai CBR yang lebih besar.

Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) adalah metode untuk menentukan daya dukung tanah dalam menahan beban di atas perkerasan jalan. Semakin tinggi nilai CBR, maka kondisi tanah dasar semakin baik. Pada penelitian ini digunakan tiga sampel tanah yang distabilisasi dengan semen. Dimana persentase semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12% [10]. Selain menggunakan semen, stabilisasi tanah dalam penelitian ini juga menggunakan bahan aditif, yaitu DIFA soil stabilizer. Persentase *soil stabilizer* yang ditambahkan adalah 0,8%, 1,0% dan 1,2%. Semula tanah asli mempunyai nilai CBR 18,38%. Stabilisasi tanah dengan semen dapat menaikkan berat isi kering tanah asli, dengan naiknya berat isi kering tanah asli mengakibatkan nilai CBR meningkat, seperti yang terjadi pada sampel – sampel tanah yang di uji pada penelitian ini.

Hal tersebut disebabkan oleh semen yang mengandung silika, lempung dan kapur yang mengikat air pada tanah lunak, sehingga menjadi pasta semen dan akan mengikat butir – butir tanah karena semen mengandung silika yang berat volumenya lebih besar dari butiran tanah asli, maka silika yang menyebabkan tanah asli yang terikat pasta semen akan meningkatkan berat volume keringnya [11]. Dengan adanya pengikatan hidrolis pada tanah oleh semen, maka tanah menjadi kaku sehingga cepat mengering dan mengeras, berat volume kering meningkat dan dengan demikian nilai CBR ikut meningkat. Peningkatan nilai CBR berbanding lurus dengan peningkatan stabilitas tanah dan peningkatan daya dukung tanah.

Stabilisasi tanah dengan semen telah banyak dilakukan untuk memperkuat daya dukung tanah. Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan semen dimulai dengan tahap absorpsi air dan reaksi pertukaran ion, bila semen portland ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{++} dilepaskan melalui proses hidrolis dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel – partikel tanah. Dengan reaksi ini partikel – partikel tanah menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah menjadi

lebih baik. Penggunaan semen OPC dengan berbagai variasi persentase DIFA *soil stabilizer* memberikan peningkatan nilai CBR yang lebih besar dibandingkan dengan semen komposit [12]. Hal ini terjadi karena reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah-semen membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih menahan beban yang diberikan. Semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran tanah menjadi lebih besar. Semen OPC yang mempunyai kandungan *portland cement* yang lebih banyak dibandingkan semen komposit membuat ikatan pada mekanisme setting dan hardening pada tanah yang distabilisasikan menjadi lebih kuat sehingga menghasilkan nilai CBR yang lebih besar.

Penelitian mengenai Nilai CBR pada Stabilisasi Tanah dengan Semen Jalan Budi Utomo UNIB Depan telah dilakukan sebelumnya oleh [13]. Dalam penelitiannya variasi penambahan semen yang digunakan adalah 4%, 8% dan 12%. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai CBR pada tanah yang distabilisasikan dengan semen meningkat. Peningkatan nilai CBR tanah tersebut berkisar antara 49,47% - 144,21%. Pada kadar semen 4% CBR meningkat menjadi 49,47%, pada kadar semen 8% CBR meningkat menjadi 123,16% dan pada kadar semen 12% CBR meningkat menjadi 144,21%. Dimana semula tanah asli memiliki CBR 4,75%. Dibandingkan dengan hasil penelitian ini, nilai CBR pada penelitian [14] menunjukkan hasil nilai CBR yang lebih rendah. Hal tersebut terjadi karena pada penelitian ini selain penggunaan persentase semen 12%, campuran stabilisasi tanah di tambahkan bahan aditif DIFA *soil stabilizer*. Penambahan *soil stabilizer* memberikan peningkatan nilai CBR yang lebih besar. Prinsip kerja DIFA *soil stabilizer* adalah dengan menyisihkan mineral yang berada pada permukaan partikel tanah dan menghilangkan lapisan air yang melekat di permukaan tanah [15]. sehingga semen dapat mengikat kuat pada partikel tanah yang distabilisasikan. Oprit jembatan merupakan segmen jalan yang menghubungkan jalan raya dengan jembatan. Dari segi tanah timbunan oprit, perlu direncanakan sesuai dengan persyaratan – persyaratan yang berlaku bagi perencanaan jalan di daerah timbunan. Timbunan jalan pendekat harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga dapat mendukung kekuatan dan kestabilan konstruksi jembatan. Oprit harus dipadatkan lapis demi lapis sesuai dengan ketentuan kepadatan lapisan [16] [17]. Oprit dengan timbunan harus mencapai nilai CBR minimal 6%. Dengan hasil penelitian yang menunjukkan nilai CBR setiap variasi campuran memenuhi nilai CBR minimum, dimana hasil uji CBR didapatkan nilai CBR berkisar 116,67% hingga 233,33%. Dengan nilai CBR tersebut dapat disimpulkan tanah yang sudah distabilisasikan dengan semen pada penelitian ini mampu memberikan daya dukung yang baik terhadap kinerja oprit untuk mendukung kekuatan dan kestabilan konstruksi jembatan. Dengan nilai CBR yang didapatkan, lapisan tanah dengan campuran semen dan penambahan DIFA *soil stabilizer* dapat digunakan sebagai lapis pondasi bawah (LPB), sehingga diatas timbunan oprit tersebut bisa dibangun perkerasan lentur, dengan ilustrasi lapis perkerasan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi Lapisan Perkerasan Lentur di atas *soil cement*

Nilai CBR yang mencapai 232% soil cement dengan campuran seperti dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas (LPA). Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan jalan yang berada di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah [18]. Akan tetapi pada penelitian ini di sarankan soil cement untuk menjadi lapis pondasi bawah. Karena perhitungan struktural untuk perkerasan soil cement didasarkan pada perhitungan perkerasan lentur [19]. Tanah dasar yang merambat ke lapis pondasi *soil cement* dapat sangat mempengaruhi kelelahan pada lapis pondasi tersbut. Sehingga apabila lapis pondasi atas dan bawah digunakan dari material yang sama, akan memungkinkan terjadinya retak yang menjalar hingga ke lapis permukaan.

Penelitian tentang pengaruh penambahan bahan aditif berupa campuran Semen dengan Difa *Soil Stabilizer* pada tanah butir halus terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) mendukung

penelitian sebelumnya, dimana nilai CBR tanah asli pada pemeraman 1 hari yaitu sebesar 11,68% sedangkan pada variasi 8% PC + 2,5% DIFA SS mempunyai nilai CBR sebesar 38,28% mengalami peningkatan sebesar 227,74% [20]. Pada variasi benda uji 10% PC + 2,5% DIFA SS mempunyai nilai CBR 41,33% dibandingkan dengan CBR tanah asli, mengalami peningkatan sebesar 253,85%. Pada variasi benda uji 12% PC + 2,5% DIFA SS mempunyai nilai CBR sebesar 45,47% bila dibandingkan dengan CBR tanah asli, mengalami peningkatan sebesar 289,29%. Pada variasi 8% PC + 2,5% DIFA SS yang mengalami pemeraman selama 1 hari sudah memenuhi syarat untuk digunakan sebagai *subbase course* karena mempunyai nilai $CBR \geq 20\%$.

Dari uraian tersebut dapat diketahui, pada penelitian sebelumnya dengan jumlah difa *soil stabilizer* yang lebih besar, meskipun jumlah semen lebih sedikit dibandingkan dengan penelitian ini, dapat meningkatkan nilai CBR yang lebih besar. Sehingga dapat disimpulkan persentase penggunaan DIFA *soil stabilizer* yang memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan nilai CBR pada tanah yang distabilisasikan dengan semen.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Sebelum dilakukan penambahan semen dan *soil stabilizer*, tanah dari Bukit Pelintung Kota Dumai memiliki nilai CBR 18,38% (Tanah asli), setelah dilakukan penambahan semen dan *soil stabilizer* nilai CBR meningkat hingga 232,58% pada campuran optimum 12% OPC + 1,2% DIFA *soil stabilizer*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan perbandingan nilai CBR tanah yang distabilisasikan dengan semen komposit dan semen OPC, dapat diketahui bahwa penggunaan semen OPC memberikan peningkatan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan semen PCC. Dengan nilai CBR yang didapatkan, lapisan tanah dengan campuran semen dan penambahan DIFA *soil stabilizer* dapat digunakan sebagai lapis pondasi bawah (LPB).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amran, Y., & Permadi, I. (2021). Analisis Perubahan Sifat Mekanis Tanah Gambut Pada Stabilisasi Tanah Secara Kimiawi Menggunakan Difasoil Stabilizer Dan Semen. *Teknologi Aplikasi Konstruksi : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 10(2), 155.
- [2] Amran, Y., Sugiarto, S., & Surandono, A. (2022). Analisis Stabilitas Tanah Berbutir Halus Berplastisitas Tinggi Menggunakan Difa Soil Stabilizer Untuk Mencegah Penurunan Massa Tanah. *Teknologi Aplikasi Konstruksi : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(2), 135.
- [3] Andrea, B., Warman, H., & Veronika. (2022). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Difa Soil Stabilizer Dan Semen PC. *Fak. Teknik Univ. Bung Hatta*, 1(1), 1–2.
- [4] ASTM D-2487-66T. (n.d.). *Standart Classification Of Soil For Engineering*.
- [5] ASTM D698 70. *Standard Test Methods for Labotatory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort*.
- [6] American Society for Testing and Materials (ASTM) D 1883-73. (2002). *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils*
- [7] ASTM D 2166-85 “Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil”
- [8] Bowles, Josep E. 1991. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga: Jakarta
- [9] Das. B. M. (1985). *Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid Ke-I (Jilid Ke-I)*. PT. Erlangga Jakarta.
- [10] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013, *Lapis Pondasi Semen Komposit (SKh-1.5.4)*
- [11] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013, *Lapis Pondasi Semen Komposit (SKh-1.3.4.3)*
- [12] Hardiyatmo, C, H. (2010). *Analisa dan Perancangan Fondasi (Bagian I)*.
- [13] Hardiyatmo, C, H. (2012). *Meknika Tanah 2*. Gajah Mada Universitas Press.

-
- [14] Herwanto, A. (2021). Analisis Parameter Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah Lempung Berplastisitas Rendah Menggunakan Bahan Additive Difa Soil Stabilizer Dan Semen. In Universitas Muhammadiyah Metro: Vol (Number). Universitas Muhammadiyah Metro.
 - [15] Ingles, O.G, dan Metcalf, J.B, 1972. Soil stabilization Principle and Practice, Butterworths Pty. Limited, Melbourne
 - [16] Kristiadi, A., & Marzuko, A. (2016). Pengaruh Penambahan Bahan Additif Berupa Campuran Semen Dengan Difa Soil Stabilizer Pada Tanah Butir Halus Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio). Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, 1–11.
 - [17] Muqorrobin, Halim, A., Yusa, M., & Fatnanta, F. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Organik Menggunakan Semen Dan Difa Soil Stabilizer. Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau, 1(1), 1–6.
 - [18] Naikofi, Rivendi, Ildo, M., Kalogo, E., Doni, Sabon, R., & Seran, Bria, E. (2022). Penggunaan Bahan Aditif Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Untuk Lapisan Pondasi Jalan. Eternitas : Jurnal Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Mandira, 1(2), 28–31.
 - [19] PT. DIFA Mahakarya. (2012). DIFA Soil Stabilizer.
 - [20] Puteri, Fairuza, N. (2022). Pengaruh Penambahan Difa Soil Stabilizer Dan Semen Pada Tanah