

Analisis Daya Dukung Tanah Dasar (*Subgrade*) Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer*

Fira Fairuz Hidayat ^{a,1,*}, Lioba Evita Anikusuma ^{b,2}

^a Program Studi Teknik Sipil Universitas Nusa Putra, Jl. Raya Cibatu No.21, Sukabumi dan 43152

¹ FiraFairuzHidayat_ts22@nusaputra.ac.id; ² Email Second Author; ³ Email Third Author

* Fira Fairuz Hidayat

Diterima; diperbaiki; disetujui

ABSTRAK

Daya dukung tanah dasar merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi jalan karena menentukan kestabilan dan ketahanan konstruksi. Kondisi ini menjadi semakin penting pada proyek Tol Bocimi Seksi 3B STA 1+300 – 1+525, yang dimana ditemukan nilai daya dukung tanah dasar rendah dan berpotensi terjadi penurunan kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah dasar melalui pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan menentukan kebutuhan perbaikan tanah lunak berdasarkan ketentuan Bina Marga. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data primer berupa hasil uji DCP di delapan titik pengujian serta data sekunder dari kontraktor. Nilai penetrasi dari DCP dikonversi menjadi nilai California Bearing Ratio (CBR), kemudian dianalisis untuk menentukan CBR rata-rata dan daya dukung tanah (DDT). Hasil pengujian menunjukkan nilai CBR berkisar antara 0,98% hingga 3,01%, jauh di bawah standar minimum $\geq 6\%$. Nilai CBR segmen dihitung sebesar 1,093% dengan daya dukung tanah (DDT) sebesar 1,832%, yang mengindikasikan tanah sangat lunak dan tidak memenuhi syarat. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan tindakan perbaikan (replacement) dengan alternatif penggunaan material FDG, granular, geotextile, atau kombinasi keduanya sesuai kondisi muka air tanah dan tingkat kelemahan tanah.

ABSTRACT

The bearing capacity of the subgrade is an important aspect in road construction planning because it determines the stability and durability of the construction. This condition is even more important in the Bocimi Toll Road Section 3B STA 1+300 – 1+525 project, where low subgrade bearing capacity values were found and there is potential for a decline in quality. This study aims to determine the bearing capacity of the subgrade through Dynamic Cone Penetrometer (DCP) testing and to determine the need for soft soil improvement based on Bina Marga regulations. The methods used include the collection of primary data in the form of DCP test results at eight test points and secondary data from contractors. The penetration values from the DCP were converted into California Bearing Ratio (CBR) values, which were then analyzed to determine the average CBR and soil bearing capacity (DDT). The test results showed CBR values ranging from 0.98% to 3.01%, far below the minimum standard of $\geq 6\%$. The segment CBR value was calculated at 1.093% with a soil bearing capacity (DDT) of 1.832%, indicating that the soil was very soft and did not meet the requirements. Based on these results, corrective action (replacement) was required, with the alternative use of FDG, granular, geotextile, or a combination of both materials, depending on the groundwater level and the degree of soil weakness.



KATA KUNCI

Dynamic Cone Pentrometer (DCP)
California Bearing Ratio (CBR)
Peningkatan Tanah
Metode Penggantian

KEYWORDS

Dynamic Cone Pentrometer (DCP)
California Bearing Ratio (CBR)
Soil Improvement
Replacement Method



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. Pendahuluan

Jalan merupakan sarana transportasi yang paling umum digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk kegiatan sehari-hari, sehingga volume kendaraan suatu ruas jalan akan mempengaruhi kemampuan dan daya dukungnya. Struktur perkerasan fleksibel terdiri dari beberapa lapisan yang ditempatkan di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menahan beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan bawahnya. Kekuatan dan masa pakai konstruksi perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. [1]

Tanah dasar merupakan tanah yang berada pada lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapisan perkerasan yang digunakan untuk menahan beban yang berada di atasnya. [2] Tanah dasar yang baik harus memiliki karakteristik seperti kadar air, kepadatan, dan tekstur yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Parameter-parameter ini menentukan daya dukung tanah yang menjadi dasar untuk mendukung lapisan perkerasan jalan. [3] Dalam penelitian ini, daya dukung tanah dianalisis menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk mengetahui estimasi nilai *California Bearing Ratio* (CBR).

Sebagai metode alternatif, *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) yang dinilai lebih praktis, cepat, dan efisien dalam memberikan gambaran mengenai daya dukung tanah di lapangan. Alat ini bekerja dengan cara mengukur kedalaman penetrasi kerucut baja akibat tumbukan palu pada batang penumbuk, sehingga menghasilkan data berupa penetrasi per tumbukan (*mm/blow*). Data tersebut kemudian dapat dikonversi menjadi nilai CBR yang dimana dinyatakan dalam bentuk persen (%) dengan minimalnya berada pada 6%. Apabila nilai CBR kurang dari 6% maka tanah perlu dilakukan perbaikan atau pemadatan kembali, dan apabila sudah dilakukan perbaikan tetapi nilai CBR belum mencapai standar maka perlu dilakukan penggantian tanah yang diambil dari lokasi lainnya yang lebih baik. Nilai CBR yang didapatkan akan menjadi acuan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan jalan. [2]

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar yang memiliki nilai CBR rendah merupakan masalah serius dalam pembangunan jalan tol, karena berpotensi dalam kualitas dan umur rencana perkerasan. Penggunaan metode uji DCP pada proyek pembangunan Jalan Tol Bogor–Ciawi–Sukabumi Zona 3B STA 1+300 – STA 1+525 sebagai alternatif penentuan nilai CBR menjadi solusi yang lebih efisien untuk memperoleh gambaran kondisi tanah dasar secara cepat dan representatif. Oleh karena itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi aktual mengenai kekuatan tanah dasar di lokasi penelitian serta menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan perkerasan dan perbaikan tanah dasar sehingga konstruksi jalan tol dapat terjamin stabilitas dan umur rencananya.

2. Metode

Dalam penelitian ini, tahap pertama yang dilakukan yaitu merumuskan masalah sesuai dengan konteks penelitian. Selanjutnya, dilakukan studi kasus yang mencakup sumber-sumber terpercaya dan relevan sebagai dasar teori juga referensi. Selanjutnya, peneliti menentukan metode analisis yang digunakan sebagai pengolahan data yang dibagi menjadi dua jenis :

- Data primer yang diperoleh dari lapangan, meliputi beberapa aspek penting yang menjadi dasar analisis dalam penelitian ini. Pertama, data hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

yang mencakup kedalaman penetrasi, jumlah tumbukan, nilai *Dynamic Penetration Indeks* (DPI). Kedua, data pelaksanaan pekerjaan dalam penanganan tanah lunak yang terdiri dari jenis material pengganti yang digunakan.

- Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait, yaitu PT Waskita Karya sebagai kontraktor proyek jalan tol. Data sekunder tersebut meliputi beberapa dokumen penting, seperti gambar desain geometrik, data spesifikasi teknis pekerjaan tanah, peta lokasi proyek, serta dokumentasi yang berasal dari arsip kontraktor sebagai referensi tambahan.

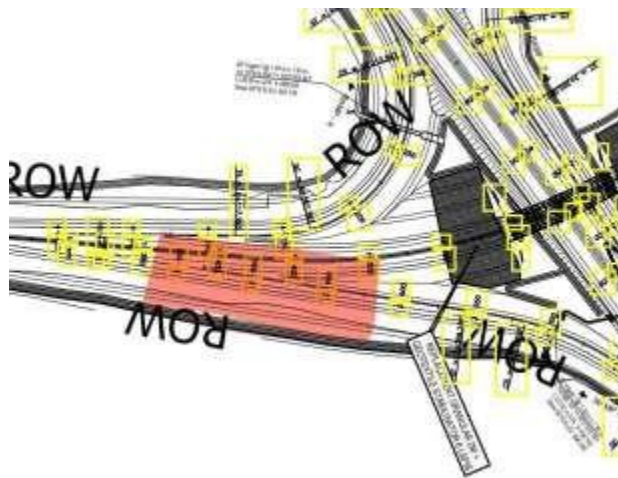
Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Pedoman Cara Uji CBR dengan *Dynaic Cone Pentrometer* (DCP) yang diterbitkan oleh Bina Marga pada tahun 2023. Pendekatan ini digunakan agar proses analisis sesuai dengan standar teknis yang telah ditetapkan, sehingga hasilnya akurat.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di proyek Tol Bocimi (Bogor-Ciawi-Sukabumi) Zona 3B STA 1+300 - 1+525. Berikut lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. dibawah ini.



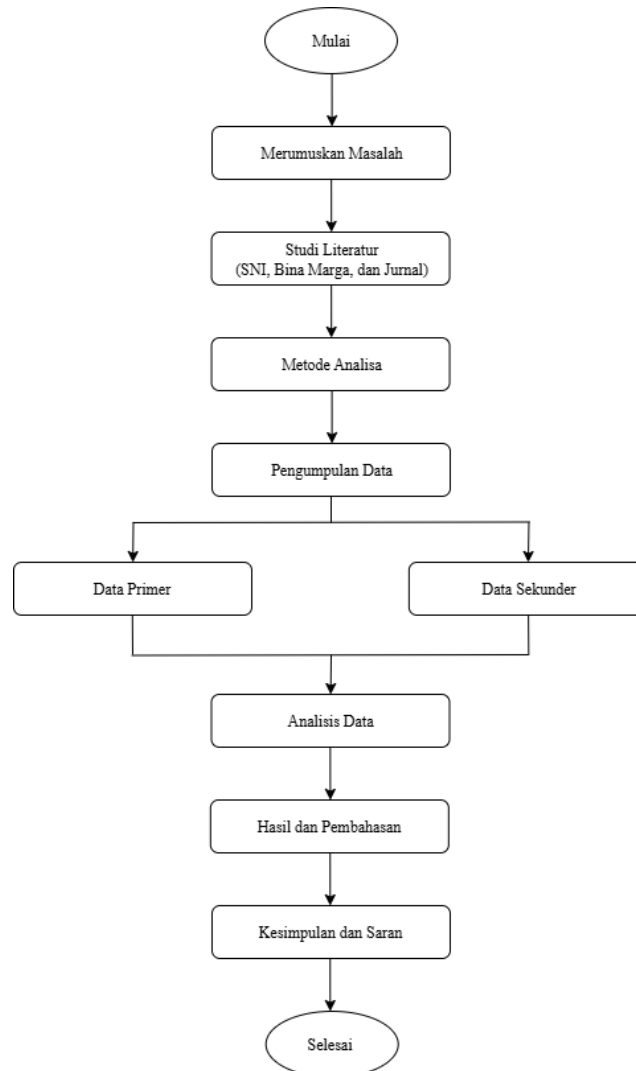
Gambar 1. Lokasi Proyek Tol Bocimi Seksi 3B
(Sumber : Google Maps)



Gambar 2. Detail STA 1+330 – STA 1+525 Tol Bocimi Seksi 3B

2.2. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alur penelitian yang telah di rancang berdasarkan data-data yang diperoleh supaya memudahkan dalam memahami penelitian ini.



Gambar 3. *Diagram Alur Penelitian*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Pengujian *Dynamic Cone Pentrometer* (DCP) dan Perhitungan Nilai CBR

Pengujian *Dynamic Cone Pentrometer* (DCP) dilakukan pada delapan titik pengujian di lokasi STA 1+300 – 1+525. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan tanah dasar serta memperkirakan nilai California Bearing Ratio (CBR). Adapun pada Tabel 1. merupakan hasil perhitungan nilai CBR yang diperoleh berdasarkan alat DCP.

Tabel 1. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+330

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	9,0	90	0	0
1	61,0	610	520	0,18
2	66,0	660	50	3,83
3	70,0	700	40	5,13
4	75,0	750	50	3,83
5	86,0	860	110	1,36
6	100,0	1000	140	0,99
Nilai CBR Titik				2,55

Berikut ini merupakan perhitungan nilai CBR di STA 1+300

1. Penetrasi (mm)
Penetrasi = kumulatif penetrasi – kumulatif penetrasi sebelumnya
 - a. Penetrasi di pukulan 1 = 610 mm – 90 mm = 520 mm
 - b. Penetrasi di pukulan 2 = 660 mm – 610 mm = 50 mm
 - c. Penetrasi di pukulan 3 = 700 mm – 660 mm = 40 mm
 - d. Penetrasi di pukulan 4 = 750 mm – 700 mm = 50 mm
 - e. Penetrasi di pukulan 5 = 860 mm – 750 mm = 110 mm
 - f. Penetrasi di pukulan 6 = 1000 mm – 860 mm = 140 mm
2. DCP (mm/blow)
DCP = penetrasi i / (kumulatif tumbukan i – kumulatif tumbukan sebelumnya)
Jika data hanya berisi nomor pukulan, gunakan nomor pukulan sebagai jumlah pukulan per interval.
DCP = penetrasi i – pentrasi i-1 / (nomor pukulan i – nomor pukulan i-1)
 - a. DCP di pukulan 1 = (610 mm – 90 mm) / (1 – 0) = 520 mm
 - b. DCP di pukulan 2 = (660 mm – 610 mm) / (2 – 1) = 50 mm
 - c. DCP di pukulan 3 = (700 mm – 660 mm) / (3 – 2) = 40 mm
 - d. DCP di pukulan 4 = (750 mm – 860 mm) / (4 – 3) = 50 mm
 - e. DCP di pukulan 5 = (860 mm – 750 mm) / (5 – 4) = 110 mm
 - f. DCP di pukulan 6 = (1000 mm – 860 mm) / (6 – 5Kon) = 140 mm
3. CBR Konus 60⁰ (%)
Konus alat DCP yang digunakan dengan kerucut 60⁰
 $CBR_{konus\ 60^0} = 10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (DCP\ i)]\}}$
 - a. Konus 60⁰ di pukulan 1 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (520)]\}} = 0,18$
 - b. Konus 60⁰ di pukulan 2 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (50)]\}} = 3,83$
 - c. Konus 60⁰ di pukulan 3 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (40)]\}} = 5,13$
 - d. Konus 60⁰ di pukulan 4 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (50)]\}} = 3,83$
 - e. Konus 60⁰ di pukulan 5 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (110)]\}} = 1,36$
 - f. Konus 60⁰ di pukulan 6 = $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (140)]\}} = 0,99$
4. CBR rata-rata STA 1+330
 $CBR_{rata-rata} = (0,18 + 3,83 + 5,13 + 3,83 + 1,36 + 0,99) / 6 = 2,55 \%$

Tabel 2. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+335

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	5,0	50	0	0
1	18,0	180	130	1,09
2	27,0	270	90	1,77
3	35,0	350	80	2,06
4	52,0	520	170	0,77
5	66,0	660	140	0,99
6	71,0	710	50	3,83
7	85,0	850	140	0,99
8	87,0	870	20	12,74
9	95,0	950	80	2,06
10	100,0	1000	50	3,83
Nilai CBR Titik				3,01

Tabel 3. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+380

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	7,0	70	0	0
1	14,0	140	70	2,46
2	20,0	200	60	3,01
3	28,0	280	80	2,06
4	34,0	340	60	3,01
5	40,0	400	60	3,01
6	48,0	480	80	2,06
7	55,0	550	70	2,46
8	61,0	610	60	3,01
9	69,0	690	80	2,06
10	76,0	760	70	2,46
11	82,0	820	60	3,01
12	92,0	920	100	1,54
13	100,0	1000	80	2,06
Nilai CBR Titik				2,48

Tabel 4. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+405

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	3,0	30	0	0
1	29,0	290	260	0,44
2	50,0	500	210	0,58
3	64,0	640	140	0,99
4	78,0	780	140	0,99
5	91,0	910	130	1,09
6	100,0	1000	90	1,77
Nilai CBR Titik				0,98

Pada STA 0+000 diperoleh nilai CBR sebesar 2,55%, STA 1+335 diperoleh nilai CBR 3,01%, STA 1+380 diperoleh nilai CBR 2,48%, dan STA 1+405 diperoleh nilai CBR 0,98%. Dari masing-masing analisis diperoleh nilai CBR yang berbeda antara lain pengujian 1 dengan titik lainnya. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh letak pengujian dan kondisi tanah tersebut, seperti yang tertera pada Tabel 1. sampai Tabel 8.

Tabel 5. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+435

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	12,0	120	0	0
1	45,0	450	330	0,32
2	60,0	600	150	0,90
3	64,0	640	40	5,13
4	75,0	750	110	1,36
5	100,0	1000	250	0,46
Nilai CBR Titik				1,64

Tabel 6. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+460

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	37,0	370	0	0
1	55,0	550	180	0,71
2	67,0	670	120	1,21
3	77,0	770	100	1,54
4	86,0	860	90	1,77
5	90,0	900	40	5,13
6	100,0	1000	100	1,54
Nilai CBR Titik				1,98

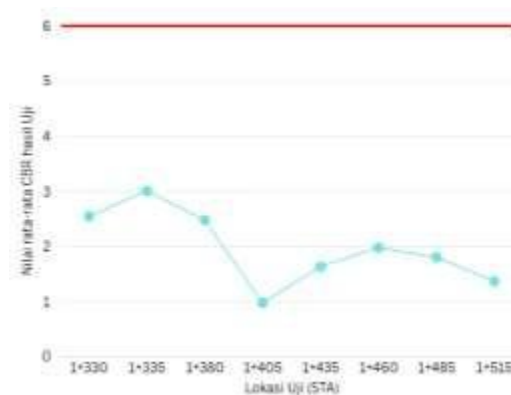
Tabel 7. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+485

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	6,0	60	0	0
1	37,0	370	310	0,35
2	57,0	570	200	0,62
3	66,0	660	90	1,77
4	78,0	780	120	1,21
5	88,0	880	100	1,54
6	96,0	960	80	2,06
7	100,0	1000	40	5,13
Nilai CBR Titik				1,81

Tabel 8. Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP Pada STA 1+515

Nomor Pukulan	Penetrasi		Selisih Penetrasi (mm)	CBR Lapangan (%)
	(cm)	(mm)		
0	5,0	50	0	0
1	37,0	370	320	0,33
2	51,0	510	140	0,99
3	64,0	640	130	1,09
4	74,0	740	100	1,54
5	82,0	820	80	2,06
6	91,0	910	90	1,77
7	100,0	1000	90	1,77
Nilai CBR Titik				1,37

Pada STA 1+435 diperoleh nilai CBR sebesar 1,64%, STA 1+460 diperoleh nilai CBR 1,98 %, STA 1+485 diperoleh nilai CBR 1,81%, dan STA 1+515 diperoleh nilai CBR 1,37%. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan pada nilai CBR dari titik pengujian sebelumnya. Hal ini dikarenakan kondisi tanah dan letak pengujiannya yang berbeda untuk setiap titik.

**Gambar 4.** Grafik Hasil CBR Per Titik Pengujian

3.2. Korelasi DCP dan CBR

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hubungan nilai CBR dan DPI (mm/blow), berikut pada Tabel 9. yang digunakan sebagai acuan dasar dalam penentuan nilai CBR dari hasil uji DCP.

Tabel 9. Tabel Korelasi CBR – DCP

mm/blow	CBR	mm/blow	CBR	mm/blow	CBR
>5	100	39	5,30	69-71	2,46
5	78,66	40	5,13	72-74	2,33
6	61,91	41	4,96	75-77	2,21
7	50,57	42	4,81	78-80	2,10
8	42,44	43	4,66	81-83	2,00
9	36,36	44	4,53	84-87	1,89
10	31,66	45	4,39	88-91	1,78
11	27,94	46	4,27	92-96	1,67
12	24,92	47	4,15	97-101	1,56
13	22,43	48	4,04	102-107	1,45
14	20,35	49-50	3,88	108-114	1,34
15	18,59	51	3,73	115-121	1,24
16	17,08	52	3,63	122-130	1,14
17	15,77	53-54	3,5	131-140	1,03
18	14,63	55	3,38	141-152	0,93
19	13,63	56-57	3,26	153-166	0,84
20-21	12,35	58	3,15	166-183	0,74
22-23	10,92	59-60	3,05	184-205	0,64
24-26	9,52	61-62	2,92	206-233	0,55
27-29	8,20	63-64	2,80	234-271	0,46
30-34	6,89	65-66	2,68	272-324	0,37
35-38	5,79	67-68	2,58	> 324	0

Untuk menilai kondisi lapisan tanah secara langsung, maka dapat menggunakan tabel interpretasi kekuatan berdasarkan nilai DPI hasil pengujian.

Tabel 10. Interpretasi nilai DPI

DPI (mm/blow)	Kategori Kekuatan	Keterangan
< 5	Sangat Keras	Pekerasan sangat padat, cocok untuk lapisan atas jalan
5-10	Keras	Kualitas baik untuk subbase atau base
10-20	Sedang	Perlu peningkatan pemadatan
>20	Lunak	Tidak memenuhi syarat, perlu perbaikan

3.3. Analisa Daya Dukung Tanah (DDT) Berdasarkan Nilai CBR

Adapun perhitungan nilai CBR desain secara grafis dapat dilihat pada tabel 10. dibawah ini:

Tabel 11. Perhitungan Nilai CBR Desain

No.	Lokasi (STA)	CBR Rata-Rata	Nilai CBR dari kecil ke Besar	Persen Yang Sama atau Lebih Besar	Persen (%) = $N_i / N \times 100$
1	STA 1+330	2,55	0,98	$8 / 8 \times 100$	100,0
2	STA 1+335	3,01	1,37	$7 / 8 \times 100$	87,5
3	STA 1+380	2,48	1,64	$6 / 8 \times 100$	75,0
4	STA 1+405	0,98	1,81	$5 / 8 \times 100$	62,5
5	STA 1+435	1,64	1,98	$4 / 8 \times 100$	50,0
6	STA 1+460	1,98	2,48	$3 / 8 \times 100$	37,5
7	STA 1+485	1,81	2,55	$2 / 8 \times 100$	25,0
8	STA 1+515	1,37	3,01	$1 / 8 \times 100$	12,5
$15,82 / 8 = 1,977$					

$$\text{CBR segmen} = \frac{\text{CBR Rata-Rata}}{\text{Jumlah titik pengujian}} - (\text{CBR}_{\text{maks}} - \text{CBR}_{\text{min}}) / R$$

$$\text{CBR rata-rata} = 15,82 / 8 = 1,977$$

$$\text{CBR}_{\text{maks}} = 3,01 \%$$

$$\text{CBR}_{\text{min}} = 0,98 \%$$

$$\begin{aligned} \text{CBR}_{\text{segmen}} &= 1,977 - (3,01 - 0,98) / 2,29 \\ &= 1,093 \% \end{aligned}$$

Data CBR tanah dasar diketahui yaitu 1,093% maka dapat diketahui DDT dengan cara menarik garis horizontal pada gambar korelasi CBR dan DDT.

Cara perhitungannya dapat digunakan persamaan seperti dibawah ini:

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \log \text{CBR}$$

Keterangan :

DDT = Daya Dukung Tanah

CBR = Nilai CBR tanah dasar

Dengan persamaan di atas didapatkan hasil sebagai berikut:

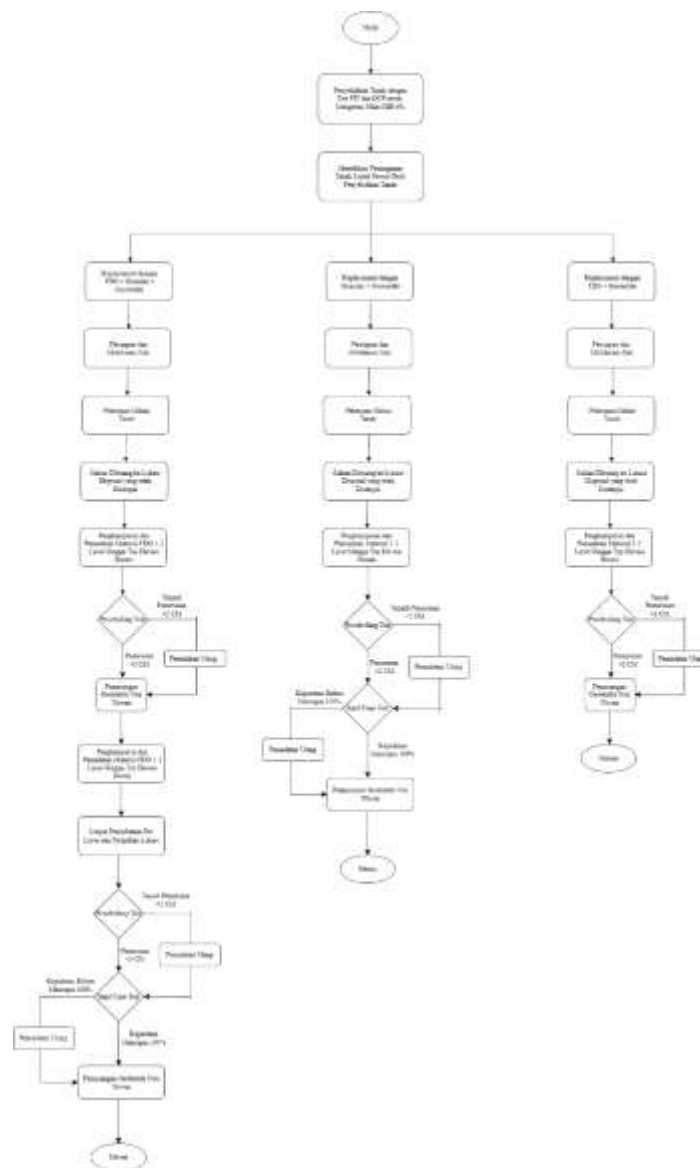
$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 1,6649 + 4,3592 \log 1,093 \\ &= 1,6649 + 0,168 \\ &= 1,832\% \end{aligned}$$



Dari garis yang dibentuk dari kedua diagram menunjukkan korelasi antara CBR (1,093%) dan DDT (1,832%). Hasil ini diperoleh berdasarkan perhitungan dengan metode analisis.

3.4. Pelaksanaan Perbaikan Tanah Lunak (*Replacement*)

Berdasarkan hasil pengujian DCP dan perhitungan nilai CBR serta DDT pada STA 1+300 sampai STA 1+525, diketahui bahwa kondisi tanah dasar termasuk lunak dan tidak memenuhi syarat minimum daya dukung untuk konstruksi jalan tol. Oleh karena itu, dilakukan pekerjaan perbaikan tanah dasar (*replacement*) untuk meningkatkan kapasitas daya dukung lapisan *subgrade*. Berikut ini merupakan alur atau tahapan pekerjaan penanganan tanah lunak.



1. Penyelidikan Tanah dengan PIT Test dan DCP Test untuk Mengetahui Nilai CBR 6%

- Fira Fairuz Hidayat
- et al.*
- (Analisis Daya Dukung Tanah (
- Subgrade*
-) Menggunakan Uji
- Dynamic Cone Pentrometer*
-)

3. Hasil identifikasi

a. Replacement dengan FDG + *Geotextile*

Material FDG (*Free Drainage Granular*) digunakan ketika area pekerjaan memiliki MAT (Muka Air Tanah) yang cukup rendah dari permukaan tanah sehingga perlu adanya penanganan terhadap air tanah tersebut dengan solusi yang di gunakan yaitu menggunakan material FDG (*Free Drainage Granular*) sesuai dengan Spesifikasi umum untuk jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol. Selain itu juga penggunaan material FDG (*Free Drainage Granular*) pada perkuatan CBR (*California Bearing Ratio*) tanah eksisting dapat menguatkan hingga 30% CBR tanah sehingga pada area pekerjaan yang memiliki CBR tidak jauh dari 6%, penggunaan material FDG (*Free Drainage Granular*) cukup untuk meningkatkan nilai CBR (*Free Drainage Granular*) pada area tersebut yang kemudian pada tahap akhir dilapisi oleh *Geotextile*.

b. Replacement dengan Granular + *Geotextile*

Bila mana aliran air bawah tanah atau MAT tidak signifikan maka perbaikan tanah cukup dengan material *granular*. Material *granular* ini juga dapat meningkatkan nilai CBR lebih besar dari Material FDG sehingga untuk area pekerjaan yang memiliki nilai CBR yang cukup rendah perlu di lakukan penanganan dengan material *granular* agar nilai CBR dapat melebihi 6%.

c. Replacement dengan FDG + Granular + *Geotextile*

Bila area pekerjaan tersebut memiliki masalah berupa nilai CBR sangat rendah dan juga memiliki MAT (muka air tanah) yang dekat juga dengan permukaan, maka solusi yang dapat diterapkan berupa penggabungan material FDG dan juga *Granular*. Material FDG merupakan lapisan terbawah yang selanjutnya di hampakan *geotextile non-woven* dan setelah itu di hampakan material granular yang kemudian di lapisi lagi dengan *geotextile non-woven*.

4. Persiapan dan Mobilisasi Alat

Setelah hasil identifikasi di tentukan barulah alat dan juga sumber daya di datangkan menuju lokasi pekerjaan.

5. Pekerjaan Galian Tanah

Ketika semua sumber daya siap, tanah eksisting digali sesuai kedalaman rencana dengan *excavator* yang kemudian di masukan ke dalam DTT (*Dump Truck Tronton*).

6. Galian Dibuang Ke Lokasi Disposol yang Telah Disetujui

Setelah di masukan ke dalam DTT (*Dump Truck Tronton*) material dibuang ke area disposol yang telah di setujui oleh konsultan supervisi dan juga owner.

7. Penghamparan dan Pemadatan Material 1-2 Lapisan Hingga Top Elevasi Desain

Ketika area kerja sudah siap, material dihamparkan dengan *Bulldozer/Excavator* yang kemudian diratakan sesuai elevasi lapisan dan nantinya dipadatkan oleh *Vibro Roller* hingga secara visual sudah padat atau sudah terjadi *interlocking* pada material. Hal ini berlaku untuk material FDG dan juga Granular.

8. Proof Rolling Test

Setelah elevasi pemadatan mencapai top elevasi desain, dilakukan *proofrolling test* untuk mengetahui apakah material yang dipadatkan tersebut masih terjadi penurunan atau sudah padat. Pengujian ini berlaku untuk material FDG dan juga *Granular*. Sesuai spesifikasi umum yang di gunakan pada proyek Bocimi 3B ini, maksimal penurunan untuk kedua material tersebut yaitu <2 cm. Bila mana penurunan terjadi >2 Cm maka perlu dilakukan pemadatan ulang dengan *Vibro Roller*.

9. Sand Cone Test (*Granular*)

Pada material *Granular* selain di lakukan Proofrolling test untuk mengetahui kepadatan pada material tersebut, dilakukan juga *Sand Cone Test* untuk mengetahui derajat kepadatan yang terdapat pada timbunan *replacement* tersebut. *Sand Cone Test* dilakukan setelah dilakukannya *proofrolling test*. Hasil dari *Sand Cone Test* ini derajat kepadatannya harus lebih dari 100% bila mana kurang dari 100% maka perlu dilakukan pemadatan ulang yang

dikemudian hari dilakukan *Sand Cone Test* ulang untuk mengetahui derajat kepadatannya lagi.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian DCP diperoleh nilai CBR pada seluruh titik STA menunjukkan nilai 2,55% hingga 0,98% yang berada jauh di bawah standar minimum Bina Marga yaitu, $\geq 6\%$. Dengan mengacu pada tabel korelasi DCP-CBR, nilai CBR yang rendah berkorelasi dengan DPI ≥ 20 mm/blow, yang berarti tanah tergolong lunak.

Berdasarkan tabel interpretasi kekuatan, tanah DPI ≥ 20 mm/blow memiliki kondisi tidak memenuhi syarat, sehingga memerlukan perbaikan (*replacement*) untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar tersebut.

Perbaikan (*replacement*) dilakukan sesuai hasil analisis geoteknik dengan beberapa alternatif, yaitu

1. Menggunakan FDG + *Geotextile*, untuk menahan tanah dengan aliran muka air tinggi dan CBR mendekati 6%
2. Menggunakan *Granular* + *Geotextile*, untuk tanah dengan aliran air bawah tanah tidak signifikan namun memiliki CBR rendah.
3. Kombinasi FDG + *Granular* + *Geotextile*, untuk area dengan CBR sangat rendah serta muka air tanah yang dekat permukaan.

Melalui metode *replacement*, daya dukung tanah dasar dapat memperbaiki sifat mekanis tanah dasar, terutama dalam meningkatkan nilai CBR, sehingga tanah tersebut layak digunakan.

5. Saran

Berdasarkan Kesimpulan serta penelitian dan hasil perhitungan uji DCP, terdapat beberapa saran dalam menunjang keberhasilan perbaikan tanah dasar di lokasi. Pertama, perlu dilakukan pengujian ulang DCP maupun CBR secara berkala setelah proses *replacement* untuk memastikan peningkatan nilai CBR sesuai standar Bina Marga $\geq 6\%$ dan memastikan bahwa kondisi tanah tidak mengalami penurunan Kembali. Selain itu, pemilihan metode *replacement* perlu disesuaikan secara ketat dengan kondisi muka air tanah dan karakteristik tanah setempat agar *replacement* dapat dilakukan secara efektif..

Referensi

- [1] L. Trisnawati and Erny, "Pengujian Daya Dukung Lapis Tanah Dasar (Subgrade) Menggunakan Alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer) (Studi Kasus: Jl. Pendidikan Desa Rantau Mapesai Kecamatan Rengat Kabupaten Indragiri Hulu)," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, pp. 259–271, 2024, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- [2] M. Friska Desi Afrida and S. Rum Harnaeni, "Analisa Nilai Kepadatan Tanah Dasar (Subgrade) Dengan Pengujian DynamicCone Penetrometer (Dcp) Pekerjaan Akses Jalan Bandara InternasionalDhoho Kediri," *J. Pros. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 367–374, 2023.
- [3] N. Nasrullah, K. Lubis, and A. Amsuardiman, "Analisis Daya Dukung Tanah Lapisan Pondasi Jalan pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1)," *J. Ilm. Tek. Sipil dan Arsit.*, vol. 3, no. 2, pp. 86–94, 2024, doi: 10.31289/jitas.v3i2.3878.