

Perencanaan Normalisasi Dinding Penahan Tanah Pada DED (Detail Engineering Design)

Studi Kasus: Ruas Jalan Caringin - Pasir Datar

Yogi Ghurimpal B. ^{a,1},

^a Universitas Nusa Putra, Cisaat, Sukabumi, 43152

¹ yogi.ghurimpal_ts22@nusaputra.ac.

* Corresponding Author

ABSTRACT

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya, dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Oleh karena itu pentingnya perencanaan dinding penahan tanah agar dapat menahan massa tanah diatas struktur atau bangunan yang dibuat, salah satunya adalah dinding penahan tanah yang ada di ruas jalan yang cukup curam yaitu ruas jalan Caringin – Pasir Datar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kuantitatif, dimana akan dilakukan pengumpulan data tanah pada beberapa titik rawan dengan tes uji sondir dan tes uji CBR. Dimana hasil yang didapatkan dari uji tanah tersebut dapat menjadi pertimbangan desain dan jenis dinding penahan tanah yang aman dan kokoh di ruas jalan tersebut.



KATA KUNCI

Dinding Penahan Tanah

Tes Uji Sondir

Tes Uji CBR

ABSTRACT

Retaining walls are the main important building structure component for highways, and other environmental buildings related to contoured land or land that has different elevations. Therefore, it is important to plan retaining walls so that they can withstand the soil mass above the structure or building made, one of which is a retaining wall on a fairly steep road section, namely the Caringin - Pasir Datar road section. The method used in this research is quantitative, where soil data will be collected at several vulnerable points with sondir tests and CBR tests. Where the results obtained from the soil test can be a consideration of the design and type of retaining wall that is safe and sturdy on the road section.

KATA KUNCI

Retaining Wall

Sondir test

CBR test



This is an open-access article under the CC-BY-SA license

Pendahuluan

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi untuk menahan tekanan tanah lateral yang terjadi akibat adanya perbedaan tinggi antara permukaan tanah dan beban luar [1]. Besar gaya lateral yang terjadi digunakan untuk merencanakan konstruksi penahan tanah dan meninjau stabilitasnya [2]. Dinding penahan tanah sendiri dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemampuannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri [3]. Dinding penahan tanah yang paling umum digunakan adalah dinding gravitasi [4].

Perencanaan dinding penahan tanah yang aman harus menghitung faktor keamanan terhadap geser, guling dan kapasitas daya dukung [5]. Dinding penahan tanah dapat dikatakan stabil, apabila angka keamanan yang diperoleh di atas batas yang diambil [6]. Penyelidikan tanah (*soil Investigation*) merupakan langkah paling awal dalam satu kegiatan proyek, yang berkaitan dengan perencanaan suatu bangunan bawah (struktur bawah) [7]. Metode pelaksanaan studi ini dilakukan dengan menganalisa dan menghitung ketebalan dinding penahan tanah terhadap daya dukung tanah [8]. Dalam perencanaan dinding penahan tanah, besarnya angka keamanan yang diperoleh harus di atas batas yang telah ditentukan [9].

Pada pekerjaan kali ini, penyelidikan tanah yang dilakukan adalah uji lapangan yaitu tes uji sondir dan tes uji CBR (*California Bearing Ratio*) dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) [10]. Kegiatan ini memberikan informasi tentang kondisi tanah, jenis tanah, muka air tanah, lapisan struktur tanah, dan sifat-sifat tanah [11]. *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir merupakan sebuah cara yang didesain untuk mengetahui serta menguji kekuatan lapisan tanah [12]. Tujuannya untuk memperoleh parameter-parameter perlakuan penetrasi lapisan tanah di lapangan [13]. Sedangkan tes uji CBR (*California Bearing Ratio*) adalah tes yang menunjukkan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban [14].

Nilai CBR tergantung dari kedalaman pada saat uji DCP [15]. Metode DCP ini adalah cara pengujian kekuatan lapisan perkerasan jalan, dengan menekan ujung konus yang ditimbulkan oleh pukulan palu dengan beban dan tinggi jatuh tertentu menerus sampai kedalaman tertentu [16]. DCP telah banyak digunakan dalam sepuluh tahun terakhir untuk memperoleh data CBR untuk perencanaan perkerasan jalan karena 6-8 kali lebih cepat daripada melakukan pengujian di laboratorium dengan waktu yang lama dan peralatan yang lengkap [17].

Metode

2.1 Waktu dan Lokasi

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai dengan Juli 2023. Dimulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB. Lokasi pekerjaan Normalisasi Dinding Penahan Tanah berada di ruas jalan Caringin – Pasir Datar, Desa Pasir Datar, Kecamatan Caringin, Kabupaten Sukabumi, dapat dilihat pada gambar 3.1.

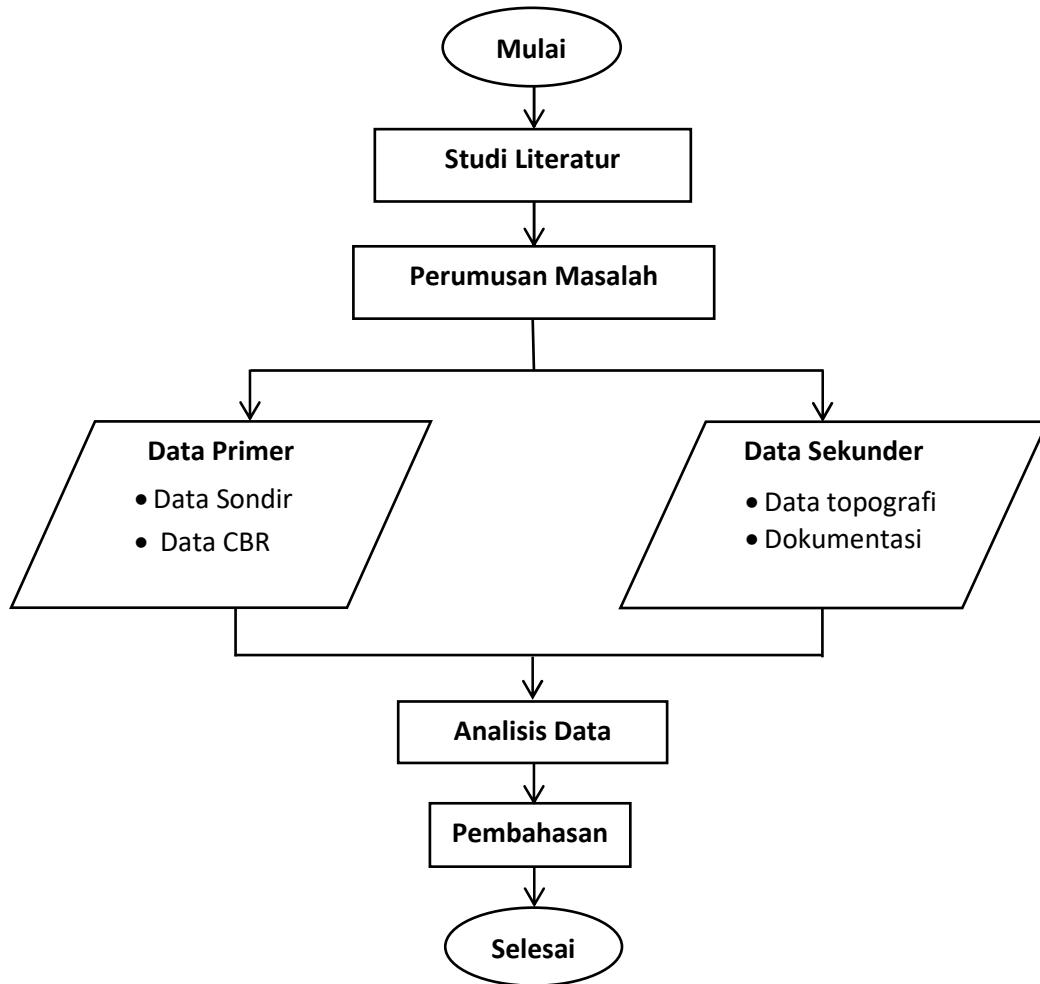


Gambar 3.1 Peta Lokasi Pekerjaan
(Sumber : Google Earth,2021)

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, dimana metode penelitian kuantitatif merupakan suatu cara yang digunakan untuk menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan program statistik [19].

Data yang diperoleh untuk penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan tes petunjuk manual yang ada [20]. Data primer diperoleh dengan cara datang langsung ke lapangan dengan survey mekanika tanah yaitu melakukan tes uji sondir dan tes uji CBR dengan DCP. Sedangkan data sekunder adalah data pendukung seperti data survey topografi, gambar kerja, dan dokumentasi. Berikut adalah diagram alur penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lingkup Dan Tahapan Penelitian

Lingkup Penelitian yang akan dilaksanakan sesuai dengan Kerangka Acuan Kerja, secara garis besar dapat dibagi sebagai berikut :

a) Pekerjaan Lapangan :

1. Survey Pendahuluan
 2. Survey Topografi
 3. Penyelidikan Tanah
- #### b) Analisa dan Perencanaan Teknis :
1. Analisa Mekanika Tanah
 2. Perencanaan Struktur TPT
 3. Penyusunan Gambar Teknis
 4. Perhitungan Perkiraan Kuantitas dan Biaya
 5. Penyusunan Dokumen Lelang

Jasa pelayanan teknik yang akan diberikan oleh Tim Konsultan, dibagi menjadi beberapa tahapan sesuai dengan Kerangka Acuan Kerja yang telah ditetapkan. Adapun tahapan-tahapan pekerjaan yang akan dilaksanakan Konsultan meliputi :

1. Tahap Persiapan dan Mobilisasi.
2. Tahap Pengumpulan Data Sekunder dan Survey Pendahuluan.
3. Tahap Survey Lapangan.
4. Tahap Analisa dan Perencanaan Teknik.
5. Tahap Penggambaran.
6. Tahap Perhitungan Kuantitas dan Perkiraan Biaya.
7. Tahap Penyusunan Dokumen Tender.

3.2 Penyelidikan Tanah

Dalam melakukan penyelidikan tanah, ada 2 metode yang digunakan. Pertama adalah dengan melakukan uji laboratorium dengan mengambil sampel tanah, sedangkan yang kedua adalah uji lapangan, dengan melakukan tes langsung di lokasi. Pada pekerjaan kali ini, penyelidikan tanah yang dilakukan adalah uji lapangan yaitu tes uji sondir dan tes uji CBR (*California Bearing Ratio*) dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*)

3.2.1 Tes Uji Sondir

Sondir (*Cone Penetrometer Test*) adalah penetrometer yang lazim digunakan dan merupakan test penetrasi yang statis. Konsep dari sondir adalah sebuah konus baja dimasukkan kedalam tanah dengan kecepatan konstan .

Gaya yang diperlukan untuk penetrasi ini diukur, dan dibagi dengan luas penampang konus untuk memberikan tahanan konus q_c . q_c ini merupakan indikator daya dukung atau kekuatan dari tanah. konus sondir dilengkapi dengan sebuah selubung gesek diatasnya. Selubung gesek ini memungkinkan pengukuran hambatan f_s yang berupa gesekan setempat antara selubung tersebut dengan tanah. Proses penyondiran tanah dilakukan seperti pada gambar 4.1, dilaksanakan hingga mencapai kedalaman permukaan tanah keras dengan indikasi yaitu saat nilai hambatan konus $> 150\text{kg/cm}^2$.

Setelah melakukan pengujian tes sondir, maka akan didapatkan 3 jenis data yang akan diolah menjadi tabel dan grafik. Data yang pertama adalah kedalaman (*Depth*), dimana kedalaman dicatat per 20cm, dari permukaan tanah sampai kedalaman tanah keras yang diinginkan. Data yang kedua adalah bacaan manometer untuk nilai perlawanannya konus (C_w), dan data yang ketiga adalah bacaan manometer untuk nilai perlawanannya konus dan geser (T_w). Kedua data tersebut didapat dari bacaan manometer, dicatat per 20cm sesuai dengan kedalaman data uji sondir.

Langkah selanjutnya adalah mengolah data yang didapat dilapangan menjadi sebuah tabel. Berikut adalah istilah yang digunakan dalam tabel pengujian sondir :

1. C_w = bacaan manometer untuk nilai perlawanannya konus
2. T_w = bacaan manometer untuk nilai perlawanannya konus dan geser
3. K_w = nilai perlawanannya geser
4. Q_c = nilai perlawanannya konus terkoreksi
5. F_s = nilai perlawanannya geser lokal
6. T_f = geseran lokal
7. R_f = angka banding geser / rasio hambatan (dalam persentase)
8. A_{pi} = Luas penampang piston (20cm^2)
9. A_c = luas penampang konus (10cm^2)
10. A_s = Luas selimut geser (150cm^2)

Berikut adalah rumus-rumus untuk untuk pengisian data tabel sondir:

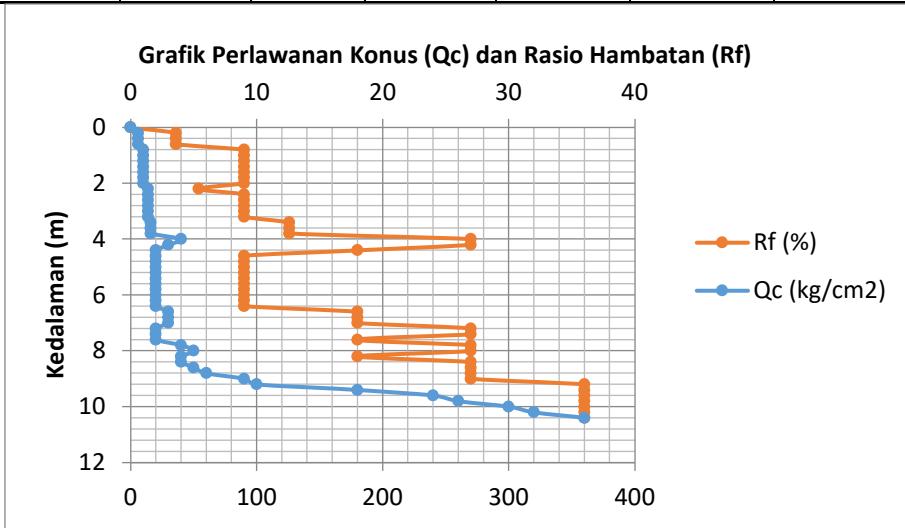
1. $K_w = T_w - C_w$
2. $Q_c = \frac{C_w \times A_{pi}}{A_c}$
3. $F_s = \frac{K_w \times A_{pi}}{A_s}$
4. $T_f = \text{Komulatif } F_s \times 20 \text{ per kedalaman}$
5. $R_f = \frac{F_s}{q_c} \times 100$

Langkah selanjutnya adalah membuat rumus di atas kedalam tabel excel, maka didapatkan tabel hasil pengujian sondir yang dapat dilihat pada tabel 3.1, lalu membuat grafiknya yang hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.1

Tabel 3.1 Hasil pengujian sondir

Sondir - Pengolahan Data								
Proyek : Sondir Lokasi : Ruas Jalan Caringin - Pasirdatar						Sondir No :		
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Kw (Tw - Cw)	qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)	fs x 20 (kg/cm)	JHP (Tf) (kg/cm)	Rf (%)
0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2	3	5	2	6	0,267	5,333	5,333	4,444
0,4	3	5	2	6	0,267	5,333	10,667	4,444
0,6	3	5	2	6	0,267	5,333	16,000	4,444
0,8	5	10	5	10	0,667	13,333	29,333	6,667
1	5	10	5	10	0,667	13,333	42,667	6,667
1,2	5	10	5	10	0,667	13,333	56,000	6,667
1,4	5	10	5	10	0,667	13,333	69,333	6,667
1,6	5	10	5	10	0,667	13,333	82,667	6,667
1,8	5	10	5	10	0,667	13,333	96,000	6,667
2	5	10	5	10	0,667	13,333	109,333	6,667
2,2	7	10	3	14	0,400	8,000	117,333	2,857
2,4	7	12	5	14	0,667	13,333	130,667	4,762
2,6	7	12	5	14	0,667	13,333	144,000	4,762
2,8	7	12	5	14	0,667	13,333	157,333	4,762
3	7	12	5	14	0,667	13,333	170,667	4,762
3,2	7	12	5	14	0,667	13,333	184,000	4,762
3,4	8	15	7	16	0,933	18,667	202,667	5,833
3,6	8	15	7	16	0,933	18,667	221,333	5,833
3,8	8	15	7	16	0,933	18,667	240,000	5,833
4	20	35	15	40	2,000	40,000	280,000	5,000
4,2	15	30	15	30	2,000	40,000	320,000	6,667
4,4	10	20	10	20	1,333	26,667	346,667	6,667
4,6	10	15	5	20	0,667	13,333	360,000	3,333
4,8	10	15	5	20	0,667	13,333	373,333	3,333
5	10	15	5	20	0,667	13,333	386,667	3,333
5,2	10	15	5	20	0,667	13,333	400,000	3,333
5,4	10	15	5	20	0,667	13,333	413,333	3,333
5,6	10	15	5	20	0,667	13,333	426,667	3,333
5,8	10	15	5	20	0,667	13,333	440,000	3,333
6	10	15	5	20	0,667	13,333	453,333	3,333
6,2	10	15	5	20	0,667	13,333	466,667	3,333
6,4	10	15	5	20	0,667	13,333	480,000	3,333
6,6	15	25	10	30	1,333	26,667	506,667	4,444
6,8	15	25	10	30	1,333	26,667	533,333	4,444
7	15	25	10	30	1,333	26,667	560,000	4,444
7,2	10	25	15	20	2,000	40,000	600,000	10,000
7,4	10	25	15	20	2,000	40,000	640,000	10,000
7,6	10	20	10	20	1,333	26,667	666,667	6,667

7,8	20	35	15	40	2,000	40,000	706,667	5,000
8	25	40	15	50	2,000	40,000	746,667	4,000
8,2	20	30	10	40	1,333	26,667	773,333	3,333
8,4	20	35	15	40	2,000	40,000	813,333	5,000
8,6	25	40	15	50	2,000	40,000	853,333	4,000
8,8	30	45	15	60	2,000	40,000	893,333	3,333
9	45	60	15	90	2,000	40,000	933,333	2,222
9,2	50	70	20	100	2,667	53,333	986,667	2,667
9,4	90	110	20	180	2,667	53,333	1040,000	1,481
9,6	120	140	20	240	2,667	53,333	1093,333	1,111
9,8	130	150	20	260	2,667	53,333	1146,667	1,026
10	150	170	20	300	2,667	53,333	1200,000	0,889
10,2	160	180	20	320	2,667	53,333	1253,333	0,833
10,4	180	200	20	360	2,667	53,333	1306,667	0,741



Gambar 3.1 Grafik Hasil Pengujian Sondir

Berdasarkan tabel dan grafik hasil pengujian sondir, didapatkan kesimpulan bahwa kedalaman tanah keras bervariasi antara kedalaman 9,3m – 10,4m dengan perlawan konus 160kg/cm² dan total hambatan setempat 200kg/cm². Karena berdasarkan hasil survey ketinggian tebing adalah 5m, maka diperlukan pondasi tiang pancang sedalam 4,3m agar DPT yang direncanakan dapat stabil.

3.2.2 Tes Uji CBR dengan DCP

DCP (Dynamic Cone Penetrometer) digunakan untuk : Mengetahui ketebalan lapisan dangkal dari tanah lunak atau kedalaman sampai batuan, Pengukursifat – sifat struktur lapisan permukaan. Mengetahui daya dukung tanah secara cepat. Semua sampel harus diberi label yang jelas yang menunjukkan nama proyek, tanggal, lokasi, nomor lubang bor, kedalaman dan metode pengambilan sampel. Proses pekerjaan DCP dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.2 Proses Pekerjaan DCP

kedalaman penetrasi per tumbukan. Kedalaman penetrasi dicatat dalam satuan (mm), dan dicatat hingga kedalaman penetrasi 1000 mm. Langkah selanjutnya adalah membuat tabel untuk menghitung nilai DCP dan CBR. Nilai DCP didapat dengan cara menghitung nilai kumulatif penetrasi dibagi banyak tumbukan. Nilai untuk setiap tumbukan adalah 5. Sedangkan untuk menghitung nilai CBR, ada beberapa cara yang dipakai, dan pada penelitian kali ini dihitung berdasarkan SNI 04/SE/M/2010 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log CBR} = 2,46 - 1,12 (\log \text{DCP})$$

Tabel 3.2 Perhitungan Nilai DCP dan CBR

PENGUJIAN PENETROMETER KONUS DINAMIS (DCP)					
Proyek	: Normalisasi DPT Ruas jalan Caringin-Pasir Datar				
Lokasi	: Ruas Jalan Caringin-Pasir Datar				
Km/STA	: 0+185				
Ukuran konus	: 60°				
Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	0	0	0	0
5	5	124	124	24,8	7,910685
5	10	245	121	24,2	8,130679
5	15	401	156	31,2	6,117118
5	20	568	167	33,4	5,667662
5	25	720	152	30,4	6,297694
5	30	912	192	38,4	4,847848
5	35	1000	88	17,6	11,61518
Rata-rata					6,323358

Pada pekerjaan normalisasi DPT ini, uji pengujian CBR dengan DCP dilakukan di tiga titik lokasi sekitar longsoran DPT. Maka, setelah melakukan pengujian dan perhitungan didapat nilai CBR tanah di lokasi pekerjaan normalisasi DPT adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Hasil Pengujian CBR dengan DCP

No	Pekerjaan	Tanggal Tes	Lokasi Titik/STA	Hasil Pengujian CBR	Keterangan
1	DCP Test	02-Jul-20	0+105 0+185 0+250	5,14% 6,32% 4,74%	Nilai CBR Design = 4,74%

Setelah mendapatkan nilai CBR, maka jenis lapisan tanah dangkal dan daya dukung tanah dapat diketahui, sehingga dapat direncanakan lapisan perkerasan yang sesuai dengan kondisi lapisan tanah dangkal tersebut. Untuk Klasifikasi tanah dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai CBR

Material	CBR (%)
Aggregat pecah padat-bergradasi	100
Aggregat alami padat-bergradasi	80

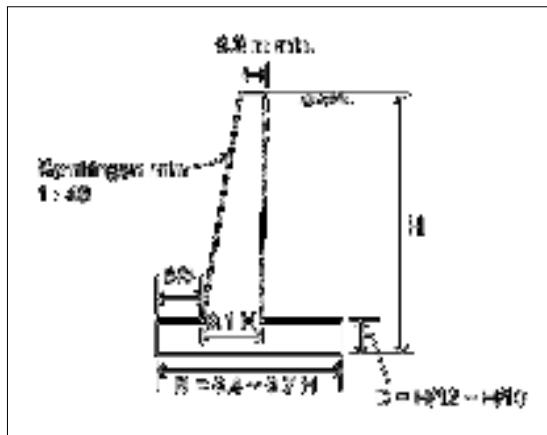
Batu Kapur	80
Pasir Campuran	50 - 80
Pasir berbutir kasar	20 - 50
Pasir berbutir halus	10-20
Tanah Lempung	<10

Berdasarkan hasil pengujian DCP, didapat nilai CBR 4,74% maka berdasarkan tabel klasifikasi tanah, lapisan tanah tersebut termasuk tanah lempung. Maka dengan nilai CBR yang rendah, dibutuhkan lapisan perkerasan yang tebal.

3.3 Mendimensi Dinding Penahan Tanah

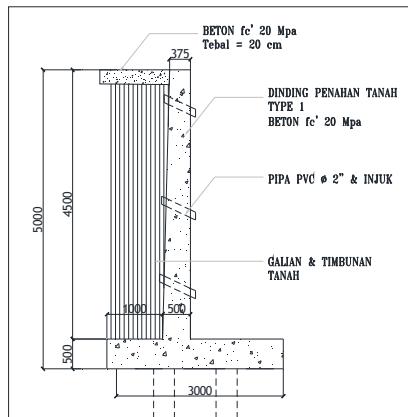
Setelah mendapatkan hasil test uji sondir dan test uji DCP, langkah selanjutnya adalah merencanakan dimensi Dinding Penahan Tanah (DPT) yang keamanan dan kekuatannya sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pada penelitian kali ini, untuk Dinding Penahan Tanah (DPT), direncanakan akan dibuat jenis Dinding Penahan Tanah Tipe Jepit (*Cantilever Retaining Wall*) dengan kombinasi tiang pancang. Pertimbangan ini diambil karena tanah keras terletak pada kedalaman yang cukup dalam yaitu 9,3 meter, dimana tinggi DPT direncanakan dengan ketinggian 5 meter, dan pondasi tiang pancang (*Bor Pile*) dengan ketinggian 4,3meter. Sedangkan untuk bahu jalan direncanakan dibuat lapisan beton Fc' 20Mpa dengan ketebalan 20cm.

Tahap selanjutnya adalah menentukan jenis DPT, ketinggian DPT, dan ketinggian tiang pancang, langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi DPT. Mendimensi DPT diperlukan agar DPT yang dibuat bisa seekonomis mungkin dengan mempertahankan kekuatan serta keamanannya. Pada penelitian kali ini, dimensi dinding penahan tanah menggunakan model dinding kantilever dan penentuan dimensinya berdasarkan SNI 8460:2017 seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Ketentuan dimensi DPT berdasarkan SNI 8460:2017

Berdasarkan ketentuan SNI 8460:2017, maka direncanakan dimensi dinding penahan tanah kantilever seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.4 Perencanaan *Cantilever Wall*

Dimensi DPT yang sudah direncanakan selanjutnya dicek apakah sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

1. $B = 0,4 \text{ s/d } 0,7 H$
 $= (0,4 \times 5000) \text{ s/d } (0,7 \times 5000)$
 $= 2000\text{mm s/d } 3500\text{mm } (\mathbf{B \text{ rencana} = 3000\text{mm}}) \text{ OK}$
1. $b_1 = B/3$
 $= 3000/3$
 $= 1000\text{mm } (\mathbf{b_1 \text{ rencana} = 1000\text{mm}}) \text{ OK}$
2. $b_2 = 0,1 H$
 $= 0,1 \times 5000$
 $= 500\text{mm } (\mathbf{b_2 \text{ rencana} \text{ dan } H_2 \text{ rencana} = 500\text{mm}}) \text{ OK}$
3. $a > 300\text{mm } (a \text{ rencana} = 375\text{mm}) \text{ OK}$
4. $r > 1/48 = r > 0,0208$
 $r \text{ rencana} = \frac{b_2 - a}{H_1}$
 $r \text{ rencana} = \frac{500 - 375}{4500} = 0,0277 \text{ } (\mathbf{0,0277 > 0,0208}) \text{ OK}$

Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan telah memenuhi standar keamanan yang telah ditentukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil test uji sondir, maka didapatkan nilai kekuatan struktur tanah pada kedalaman 9,3m sampai 10,4m dengan perlawanan konus 164kg/cm². Sedangkan berdasarkan hasil uji DCP didapatkan nilai CBR 4,74 %.

Dimensi Dinding Penahan Tanah (DPT) yang direncanakan agar memenuhi standar keamanan dan kekuatannya sesuai dengan SNI 2827 tahun 2008 adalah sebagai berikut :

- Tinggi DPT yang direncanakan adalah 5 meter.
- Lebar bawah Pondasi DPT yang direncanakan adalah 3 meter.
- Lebar atas Pondasi (Jepit) DPT yang direncanakan adalah 1 meter.
- Tinggi Pondasi DPT yang direncanakan adalah 0,5 meter.
- Lebar atas pasangan DPT yang direncanakan adalah 0,375 meter.
- Tinggi pasangan DPT yang direncanakan adalah 4,5 meter.
- Kemiringan DPT yang direncanakan adalah 0,0277.
- Pondasi tiang pancang (*Bor Pile*) yang direncanakan adalah 4,3meter.
- Bahu jalan dibuat lapisan beton Fc' 20Mpa dengan ketebalan 20cm.

Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan, tingkat keamanan dan kekuatannya sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

References

- [1] Adhi Surya, Muhammad Fikri Azhar dan Abdurrahman, Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Jalan Gubernur Syarkawi (Sp. Empat Handil Bakti – Bypass Banjarmasin), Universitas Islam Kalimantan, 2021.
- [2] Dedy Lesmana, Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Akibat Gaya Lateral Menurut Teori Rankine dan Coulomb, Sleman, Universitas Islam Indonesia, 1996.
- [3] Sunggono, Mekanika Tanah, Penerbit Nova : Bandung, 1984.
- [4] Juan Sebastian, dan Andryan Suhendra, Efektivitas Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Di Bogor, Universitas Tarumanagara, 2019.
- [5] Riska Rahmawati Djunaedi, Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus : Sdn Lio, Kecamatan Cireunghas), Universitas Muhammadiyah Sukabumi, 2020.

- [6] Konstantinus Rani Kota, Analisis Pembuatan Dinding Penahan Tanah Pada Lereng Jalan Raya Ende–Nangapanda Kab. Ende, Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang, 2013.
- [7] Bahri, S., Razali M. R., & Elsandy, K. A., Pemetaan Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal Di Wilsash Pesisir Pantai Kota Bengkulu, Jurnal Teknik Sipil, 2016.
- [8] Indra Kurniawan, dan M. Endayanti, Analisa Perkuatan Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus : Area Bendungan Wampu Kecamatan Kuta Buluh Kabupaten Karo), Universitas Darma Agung, Medan, 2022.
- [9] Tri Wahyu Kuningsih, Andina Prima Putri, dan Xbal Meiprastyo, Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Numerik, 1universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 2021.
- [10] Respati, Sri, Zainal, *PONDASI*, Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik, Bandung, 1995.
- [11] Prayogo, K., & Saptowati, H., Penyelidikan Struktur dan Karakteristik Tanah Untuk Desain Pondasi, Iradiatir Gamma Kapasitas 2 Mci, Jurnal Perangkat Nuklir, 2017.
- [12] Krisantos Ria Bela1 , Paulus Sianto, Penyelidikan Tanah Menggunakan Metode Uji Sondir, Universitas Katolik Widya Mandira, 2022.
- [13] Laporan Uji Penetrasi dengan alat sondir, SNI 03-2827, 2008.
- [14] Leni Sri Haryani, Diah Oktami, Kajian Penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) Untuk Uji Lapangan Pada Tanah Dasar Pekerjaan Timbunan Apron, Lampung, Universitas Muhammadiyah Metro, 2016.
- [15] Muhammad Shallahuddin, Varian CBR Yang Mewakili Terhadap Kedalaman Uji DCP, Universitas Riau, Riau, 2012
- [16] A. Tatang Dachlan, Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) Sebagai Standar Untuk Evaluasi Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung, 2005.
- [17] Prisila I.L. Lengkong, Sartje Monintja, Hubungan Nilai CBR Laboratorium dan DCP Pada Tanah Yang Dipadatkan Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara, Universitas Sam Ratulangi, Minahasa Utara, 2013
- [18] *Detail Engineering Desain (DED)* Normalisasi (DPT) Ruas Jalan Caringin - Pasirdatar Kecamatan Caringin ,CV.HIKMAH, Sukabumi, 2020.
- [19] Dr. Wahidmurni, M.Pd. , Pemaparan Metode Penelitian Kuantitatif, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2017.
- [20] Lulut Fadhilah, Sudarno, Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Perbaikan Longsor Di Ruas Jalan Balerejo Kalegen, Universitas Tidar, 2017.