

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian pada penanganan konstruksi jalan Wiyung - Babatan ini terbagi menjadi 2 pekerjaan, yaitu pekerjaan konstruksi badan jalan dan pekerjaan dinding penahan tanah dimana dinding penahan tersebut menggunakan Concrete Corrugate Sheet Pile (CCSP). Metode pelaksanaan di lapangan pekerjaan pertama yang dilakukan adalah pemasangan CCSP yang kemudian dilakukan pekerjaan konstruksi badan jalan.

4.1 Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

Struktur Retaining Wall eksisting saluran di Jalan Wiyung- Babatan yang dibangun menggunakan pasangan batu kali mengalami kerusakan akibat tidak mampu menahan beban tekanan tanah dan lalu lintas pada jalan raya tersebut. Lingkup pekerjaan disini meliputi pekerjaan superstructure yang terdiri dari dinding penahan, balok beton dan balok capping.

Struktur dinding penahan yang memikul beban tekanan tanah dan air setinggi ± 4 m serta beban lalu lintas dan gempa direncanakan menggunakan Concrete Corrugate Sheet Pile (CCSP) precast dengan pertimbangan efektifitas dalam pelaksanaan dan jaminan kualitas material. Hal tersebut dilakukan karena tanah di Surabaya khususnya di lokasi proyek merupakan tanah dengan tingkat stabilitas rendah.

Dari hasil penyelidikan tanah pada 6 lokasi di sekitar Jl. Wiyung - Babatan (lokasi terlampir), maka untuk perhitungan beban pada dinding penahan

CCSP saluran diambil yang paling mendekati lokasi yakni data tanah *U-Turn*

Babatan Pratama. Maka profil tanah dan parameter sesuai hasil penyelidikan yakni :

Tabel 4.1 Parameter Tanah untuk Desain Dinding Penahan

Kedalaman (m)	Profil Tanah	Parameter Tanah				
		γ_t	γ_d	γ_{sat}	Φ	Cu
0-0.5	Lanau Pasir Kerikil	1.746	1.195	1.746	0	0.13
0.5-1	Lanau Lempung					
1-1.5	Lanau Lempung Berkerikil	1.762	1.231	1.762	0	0.26
1.5-2.5	Lanau Berlempung Berpasir Berkerikil					
2.5-3	Lanau Lempung Berpasir Berkerikil					
3-3.5	Lanau Lempung Berkerikil Berpasir	1.817	1.325	1.817	0	0.29
3.5-4	Lanau Lempung Berpasir Berkerikil					
4-5	Lanau Lempung Berkerikil					

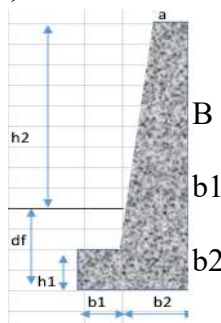
Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023

4.1.1 Analisa DPT Retaining Wall Existing

Tinggi: 1,7 meter

➤ Input Data

a) Geometri



Persyaratan ukuran TPT

a = Lebar atas = $(30\text{cm} - H/12)$

B = Lebar bawah = $(0,5 - 0,7)H$

D_f = kedalaman pondasi (d disesuaikan dengan kondisi setempat)

h_1 = Tebal kaki = $(H/8 - H/6)$

b_1 = (Lebar kaki dan tumit) $(0,5 - 1) d$

D_f = lihat hasil hitungan (Nilai minimum)

$B = 1,2 \text{ m}$	$H = 1,7 \text{ m}$	$D_f = 0,50 \text{ m}$
$b_1 = 0,8 \text{ m}$	$h_2 = 1,4 \text{ m}$	Catatan:
$b_2 = 0,4 \text{ m}$	$h_1 = 0,3 \text{ m}$	Df disini adalah nilai angka minimum,
$b_3 = 0,0 \text{ m}$		bisa ditambahkan sesuai
$a = 0,3 \text{ m}$		$a=(H/12),= (\text{minum adalah } 30\text{cm})$

b) Material

Unit weight of the soil, $g_{\text{soil}} = 26 \text{ kN/m}^3$

Unit weight of stone masonry $g_{\text{stone}} = 22 \text{ kN/m}^3$

c) Soil parameter behind the wall

Cohesion, $c = 0,24 \text{ kN/m}^2$

Angle of Friction, $\phi = 20,00^\circ$

Angle of retaining wall stem, $\beta = 33,00^\circ$

Wall friction angle, $\delta = 3,00^\circ$

d) Soil Parameter of Foundation

Cohesion, $c = 0,24 \text{ kN/m}^2$

Angle of Friction, $\phi = 20,00^\circ$

Unit Weight of the Soil, $g_{\text{soil}} = 26 \text{ kN/m}^3$

Angle of Retaining wall stem, $\beta = 33,00^\circ$

➤ **Earth Pressure**

a. Verification of compatibility, n

Compatible for Coulomb Theory ($\eta < \beta$) $\eta = 5,00^\circ$

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}$$

$$K_a = \frac{0,66}{1,34}$$

$$K_a = 0,49$$

$$K_p = 1/K_a = 2,03$$

$$(\delta + \beta) = 36,00$$

$$\cos 36,00 = 0,80$$

$$\sin 36,00 = 0,58$$

$$\tan 36,00 = 0,73$$

Coefficient of Active Earth Pressure, K_a $K_a = 0,49$

Coefficient of Passive Earth Pressure, K_p $K_p = 2,03$

Active Earth Pressure, $P_a : \frac{1}{2} K_a \cdot G_{\text{soil}} H^2$ $P_a = 18,50 \text{ kN/m}$

Horizontal Active Earth Pressure, $P_{ah} : P_a \cdot \cos(\delta + \beta)$ $P_{ah} = 14,80 \text{ kN/m}$

Vertical Active Earth Pressure, $P_{av} : P_a \cdot \sin(\delta + \beta)$ $P_{av} = 10,73 \text{ kN/m}$

Passive Earth Pressure, $P_p : \frac{1}{2} K_p \cdot h_1^2 \cdot g_{\text{soil}}$ $P_p = 6,60 \text{ kN/m}$

Horizontal Passive Earth Pressure, $P_{ph} : P_p \cdot \cos(\delta + \beta)$ $P_{ph} = 5,28 \text{ kN/m}$

Vertical Passive Earth Pressure, $P_{pv} : P_p \cdot \sin(\delta + \beta)$ $P_{pv} = 3,83 \text{ kN/m}$

$\epsilon H = 9,52 \text{ kN/m}$

b. The Forces act on retaining wall

Forces

Self weight of the stone masonry section 1, $W_1 : B \cdot h_1 \cdot g_{\text{stone}}$ $W_1 = 7,92 \text{ kN/m}$

Self weight of the stone masonry section 2, $W_2 : b_1 \cdot h_2 \cdot g_{\text{ston}}$ $W_2 = 10,78 \text{ kN/m}$

Self weight of the stone masonry section 3, $W3:0,5.b3.h1.g_{soil}$ $W3 = 0,00 \text{ kN/m}$

Self weight of the stone masonry section 4, $W4:0,5.b2.1.g_{soil}$ $W4 = 10,40 \text{ kN/m}$

Vertical Active Earth Pressure, $Pav: Pa.\sin(\delta + \beta)$ $Pav = 10,73 \text{ kN/m}$

Horizontal Active Earth Pressure, $Pah: Pa.\cos(\delta + \beta)$ $Pah = 14,80 \text{ kN/m}$

Lever arm (m^2) MR

Section W1 = $MR = 0,60 \text{ m}$

Section W2 = $MR = 0,60 \text{ m}$

Section W3 = $MR = 0,00 \text{ m}$

Section W4 = $MR = 0,55 \text{ m}$

Section Pav = $MR = 0,60 \text{ m}$

Section Pah = $MR = 0,57 \text{ m}$

Section Pph = $MR = 0,17 \text{ m}$

Moment Force

Moment Force of section 1, MR.W1 $MFW1 = 4,75 \text{ kN/m}$

Moment Force of section 2, MR.W2 $MFW2 = 6,47 \text{ kN/m}$

Moment Force of section 3, MR.W3 $MFW3 = 0,00 \text{ kN/m}$

Moment Force of section 4, MR.W4 $MFW4 = 5,72 \text{ kN/m}$

Moment Force of active earth pressure, MR Pav $MRPav = 6,44 \text{ kN/m}$

Moment Force of active Sktive Earth Preassure, MO Pah $MOPah = 8,39 \text{ kN/m}$

Moment Force of pasive earth preassure, MO Pph $MOPph = 0,88 \text{ kN/m}$

$\epsilon MO = 7,51 \text{ kN/m}$

c. **Kontrol Stabilitas**

Wall against current sliding condition (AASHTO 11.11.4.2.)

Factor of safety should not be greater 1.5, FoS: $(C.a.b + \epsilon V.\tan\theta) / \epsilon H$

Geser = 1,46 (**NOT OK**)

Wall against current overtuning condition (AASHTO 11.11.4.4)

Factor of safety should not be greater than 2, FoS: $\epsilon_{MR} / \epsilon_{MO}$

Guling = 3,11 (**OK**)

Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah

$$Q_{ult} = (d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c) + (d_q \cdot i_q \cdot D_f \cdot \gamma \cdot N_q) + (d_y \cdot i_y \cdot 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y)$$

d_c, d_q, d_y = faktor kedalaman

i_c, i_q, i_y = faktor kemiringan beban

c = kohesi tanah (kN/m^2) $C = 0,24 \text{ kN/m}^2$

sudut gesek tanah $\phi = 20,00^\circ$

$\sin \phi = 0,57$ $\tan \phi = 0,69$

D_f = kedalaman fondasi (m) $D_f = 0,50 \text{ m}$

γ = berat volume tanah (kN/m^3) $\gamma = 26$

Faktor kapasitas daya dukung Terzaghi $N_c = 25,1$

Faktor kapasitas daya dukung Terzaghi $N_q = 12,7$

Faktor kapasitas daya dukung Terzaghi $N_y = 5$

Faktor kedalaman fondasi (Hansen)

$d_c = 1 + 0,4 (D/B)$ $d_c = 1,17$

$d_q = 1 + 2 (D/B) \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2$ $d_q = 1,11$

$d_y = 1$ $d_y = 1$

Lebar Efektif

$B' = B - 2e$ $B' = 0,40 \text{ m}^2$

$A' = B' \times 1$ $A' = 0,40 \text{ m}^2$

Gaya – Gaya yang ada pada dinding

$$\text{Gaya horizontal} \quad \varepsilon H = 14,80 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gaya Vertikal} \quad \varepsilon V = 18,70 \text{ kN/m}$$

Faktor kemiringan Beban

Berdasarkan tabel: (untuk $\phi = 20.00^\circ$)

$$I_q = 0,61$$

$$I_c = 0,57$$

$$I_y = 0,45$$

$$Q_{ult} = (d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c) + (d_q \cdot i_q \cdot D_f \cdot \gamma \cdot N_q) + (d_y \cdot i_y \cdot 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y)$$

$$Q_{ult} = 149,66$$

Kapasitas dukung ultimit neto (q_{un})

Nilai intensitas dari beban fondasi neto, tanah akan mengalami keruntuhan geser apabila:

$$q_{un} = q_{ult} - \gamma \cdot D_f \quad q_{un} = 136,66$$

Tekanan pondasi neto (net fondation pressure)

$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \quad q_n = 5,70$$

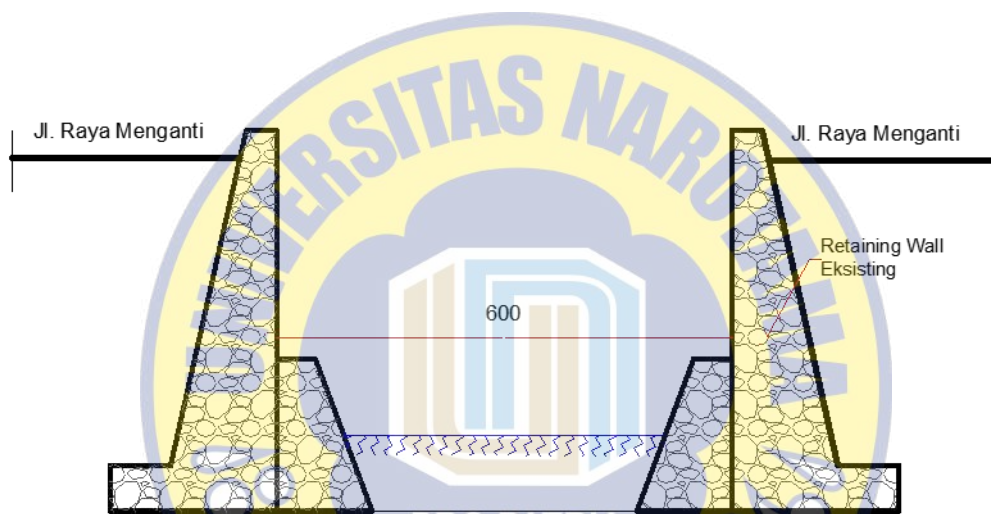
$$SF = q_{un}/q_n > 3$$

$$SF = 23,98 \text{ (OK)}$$

Tabel 4.2 Kontrol Hasil Analisa

KONTROL HASIL ANALISA				
Jenis Gaya	Faktor Aman		Hasil Analisa	Keterangan
Gaya Geser	1,50	<	1,46	NOT OK
Gaya Guling	2,00	<	3,11	OK
DDT	3,00	<	23,98	OK

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.1 Profil Saluran dan Dinding Penahan Eksisting
Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023



Gambar 4.2 Kondisi existing turap di Jl. Wiyung-Babatan depan Perumahan Pratama Estate
Sumber: Dokumentasi Pribadi

d. Perhitungan RAB

Jenis Pekerjaan :		Pas. Batu Kali Belah 15/20 (1 PC : 3 Ps)			
Satuan Pembayaran :		M3			
No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	KOEFFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4.0000	5	6=4×5
1	Mandor	Orang Hari	0.0750	200,000.00	15,000.00
2	Kepala Tukang Batu	Orang Hari	0.0750	195,000.00	14,625.00
3	Tukang Batu	Orang Hari	0.7500	190,000.00	142,500.00
4	Pembantu Tukang	Orang Hari	1.5000	181,500.00	272,250.00
5	Semen / PC (50 Kg)	Sak	4.0400	65,000.00	262,600.00
6	Pasir Pasang	M3	0.4850	250,000.00	121,250.00
7	Batu Kali belah 15/20 cm	M3	1.2000	200,000.00	240,000.00
HARGA SATUAN PEKERJAAN					1,068,225.00
BIAYA UMUM					10,682.25
BIAYA KEUNTUNGAN					42,729.00
HARGA SATUAN					1,121,636.25

RENCANA ANGGARAN BIAYA					
NAMA KEGIATAN : Penyelenggaraan Jalan Kabupaten/Kota NAMA SUB KEGIATAN : Pembangunan Jalan PAKET PEKERJAAN : Pembangunan Jalan Flexible Pavement Kolektor (JL. WIYUNG (JEMBATAN S/D TRAFIC LIGHT BABATAN UNESA) KODE KEGIATAN : 1.03.10.2.01.05 KODE REKENING : 5.2.04.01.01.0004 LOKASI : Kota Surabaya TAHUN ANGGARAN : 2023					
No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f= (d x e)
1	PEKERJAAN PASANGAN BATU Pas. Batu Kali Belah 15/20 (1 PC : 3 Ps)	M3	594.95	1,121,636.25	667,317,486.94
Jumlah Harga Pekerjaan Pasangan Batu					667,317,486.94

Dari hasil analisa DPT retaining wall existing diatas, diketahui terdapat satu gaya yang tidak memenuhi kriteria (not ok) yaitu gaya geser dimana tidak memenuhi faktor aman yang ditetapkan. Pada gaya geser faktor aman yang di tetapkan adalah 1,50 sedangkan dari hasil analisa didapat hanya 1,46. Hal ini yang menyebabkan DPT lemah tidak kuat menahan desakan dari tanah dasar badan jalan. Sedangkan badan jalan sendiri juga terdesak oleh beban kendaraan

dengan intensitas yang tinggi secara terus menerus dan juga karena faktor usia DPT yang lebih dari 10 tahun. Maka dari itu DPT existing perlu adanya penggantian yang lebih kuat dan berusia panjang dengan minim perawatan. Pilihan material yang digunakan sebagai DPT dengan kondisi diatas adalah Concrete Corrugate Sheet Pile (CCSP).

4.1.2 Dinding Penahan Jenis CCSP

4.1.2.1 Dasar Pemilihan Turap / Dinding Penahan CCSP

Dasar pemilihan CCSP sebagai turap pada proyek pembangunan jalan di Jalan Wiyung - Babatan:

a. Kekuatan dan Daya Tahan

Turap CCSP memiliki kekuatan yang lebih besar karena material yang digunakan berupa beton yang sudah diperkuat dengan baja - baja. Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap tekanan lateral tanah dan juga lebih awet. Sedangkan pada pasangan batu, material batu dan mortar yang digunakan memiliki daya tahan yang lebih rendah terhadap tekanan lateral tanah.

b. Kemudahan Pemasangan

Proses pemasangan turap CCSP lebih efisien karena desainnya yang modular - modular. Hal ini mengurangi waktu dan biaya pemasangan dibandingkan dengan turap pasangan batu yang membutuhkan waktu lebih lama karena harus dilakukan secara manual dan butuh lebih banyak tahapan, seperti penataan batu dan pengisian mortar.

c. Fleksibilitas

Struktur CCSP memungkinkan untuk diaplikasikan pada berbagai kondisi tanah dan di berbagai proyek infrastruktur, termasuk galian dalam, jalan raya, dan jembatan. Berbeda dengan turap pasangan batu umumnya memerlukan perawatan yang lebih sering, seperti perbaikan mortar atau penggantian batu yang rusak. Ini bisa meningkatkan biaya perawatan jangka panjang.

d. Ekonomi

Meskipun biaya material bisa lebih tinggi, namun sebenarnya turap CCSP lebih ekonomis dalam jangka panjang karena umur pakainya lebih panjang dan membutuhkan sedikit perawatan. Sedangkan Turap pasangan batu umumnya memerlukan perawatan yang lebih sering, seperti perbaikan mortar atau penggantian batu yang rusak. Ini bisa meningkatkan biaya perawatan jangka panjang.

e. Penanganan Tekanan Lateral yang Lebih Baik

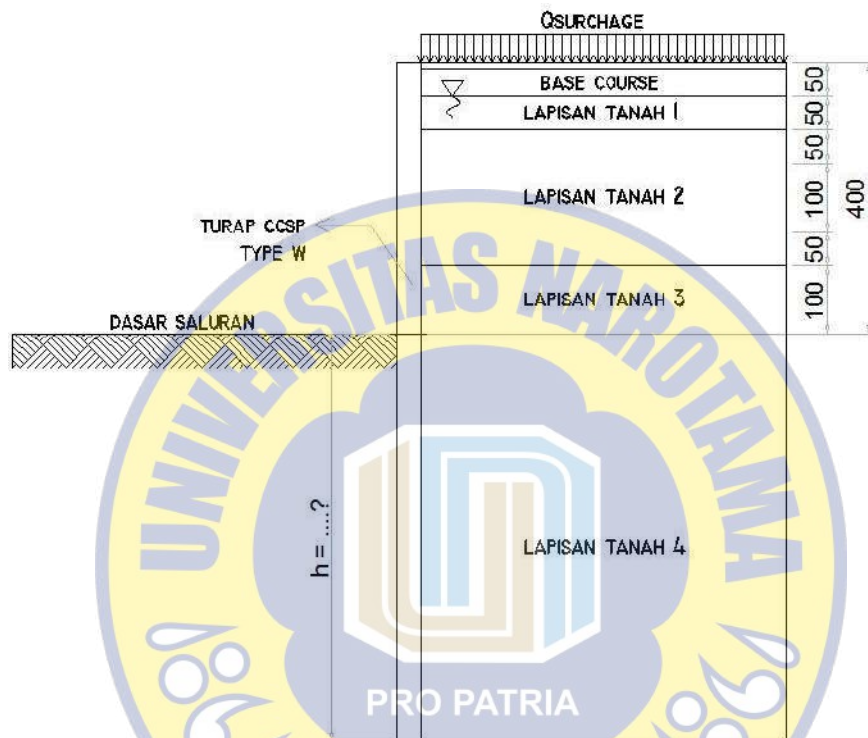
Turap CCSP dirancang untuk menahan tekanan lateral tanah, sehingga lebih cocok digunakan pada area dengan tekanan tanah yang tinggi atau labil dan juga tahan erosi. Pada turap pasangan batu lebih rentan terhadap erosi, terutama jika sering terpapar air atau berada di area dengan aliran air yang kuat.

f. Stabilitas pada Kondisi Tanah yang Sulit

Turap CCSP lebih baik dalam menangani tekanan lateral dan tetap stabil pada kondisi tanah yang sulit. Turap pasangan batu mungkin tidak dapat memberikan stabilitas yang memadai pada kondisi tanah yang labil atau memiliki tekanan tanah yang tinggi.

4.1.2.2 Analisa Perhitungan CCSP

Dalam analisa perhitungan dinding penahan Concrete Corrugate Sheet Pile (CCSP) menggunakan metode perhitungan manual menggunakan metode Fix End Method.



Gambar 4.3 Pemodelan Pembebanan Sheet Pile

Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023

Tabel 4.3 Parameter Sudut Geser Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Sumber: Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid I

1. Karakteristik Base Course (Aggregate)

$$\gamma_t = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$C_u = 0$$

2. Karakteristik tanah 1 (Lanau Lempung)

Data diambil dari hasil test tanah kedalaman 0.5 - 1 m sehingga didapatkan :

$$\gamma_s = 1.746 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 20^\circ$$

$$C_u = 0.13$$

3. Karakteristik tanah 2 (Lanau Lempung Berpasir)

Data diambil dari hasil test tanah kedalaman 1 - 3 m sehingga didapatkan :

$$\gamma_s = 1.762 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 20^\circ$$

$$C_u = 0.26$$

4. Karakteristik tanah 3 (Lanau Lempung Berpasir)

Data diambil dari hasil test tanah kedalaman 3 – 4 m sehingga didapatkan :

$$\gamma_s = 1.817 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 20^\circ$$

$$C_u = 0.29$$

5. Karakteristik tanah 4 (Lanau Lempung Berpasir)

Data diambil dari hasil test tanah kedalaman 5 - dst m sehingga didapatkan :

$$\gamma_s = 1.817 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 20^\circ$$

$$C_u = 0.29$$

Dalam perhitungan turap menggunakan metode ujung tetap (fixed end methode) dengan pertimbangan bahwa kedalaman penembusan turap sudah cukup dalam, sehingga tanah di bawah dasar saluran mampu memberikan tahanan pasif yang cukup untuk mencegah ujung bawah berotasi.

Analisis Gaya yang Bekerja Pada Sheet Pile

Beban tambahan minimum 1 t/m² harus dianggap bekerja di atas permukaan tanah, merepresentasikan beban alat gali, tanah galian sebelum diangkut, dan lainnya (SNI 8460 – 2017 Ps. 10.3.5.4.1).

Beban lalu lintas tambahan Qsurchage = 1 ton/m

Koefisien tekanan tanah aktif (Ka)

Tanah Aktif Lapis Base Course (Aggregat)

$$\gamma := 1.8 \text{ t/m}^3$$

$$\Phi := \frac{\pi}{6} \text{ (sudut geser } 30^\circ)$$

$$c_u := 0 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_a := \left[\tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\Phi}{2} \right) \right]^2 = 0.333$$

Tanah Aktif Lapisan 1

$$\gamma_1 := 1.746 \text{ t/m}^3$$

$$\Phi_1 := \frac{\pi}{9} \text{ (sudut geser } 20^\circ)$$

$$c_{u1} := 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{a1} := \left[\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2}\right) \right]^2 = 0.49$$

Tanah Aktif Lapisan 2

$$\gamma_2 := 1.762 \text{ t/m}^3$$

$$\phi_2 = \frac{\pi}{9} \quad (\text{sudut geser } 20^\circ)$$

$$c_{u2} := 0.26 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{a2} := \left[\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_2}{2}\right) \right]^2 = 0.49$$

Tanah Aktif Lapisan 3

$$\gamma_3 := 1.817 \text{ t/m}^3$$

$$\phi_3 = \frac{\pi}{9} \quad (\text{sudut geser } 20^\circ)$$

$$c_{u3} := 0.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{a3} := \left[\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_3}{2}\right) \right]^2 = 0.49$$

Tekanan Tanah Aktif Lapisan 4

$$\gamma_4 := 1.817 \text{ t/m}^3$$

$$\phi_3 = \frac{\pi}{9} \quad (\text{sudut geser } 20^\circ)$$

$$c_{u4} := 0.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{a4} := \left[\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_3}{2}\right) \right]^2 = 0.49$$

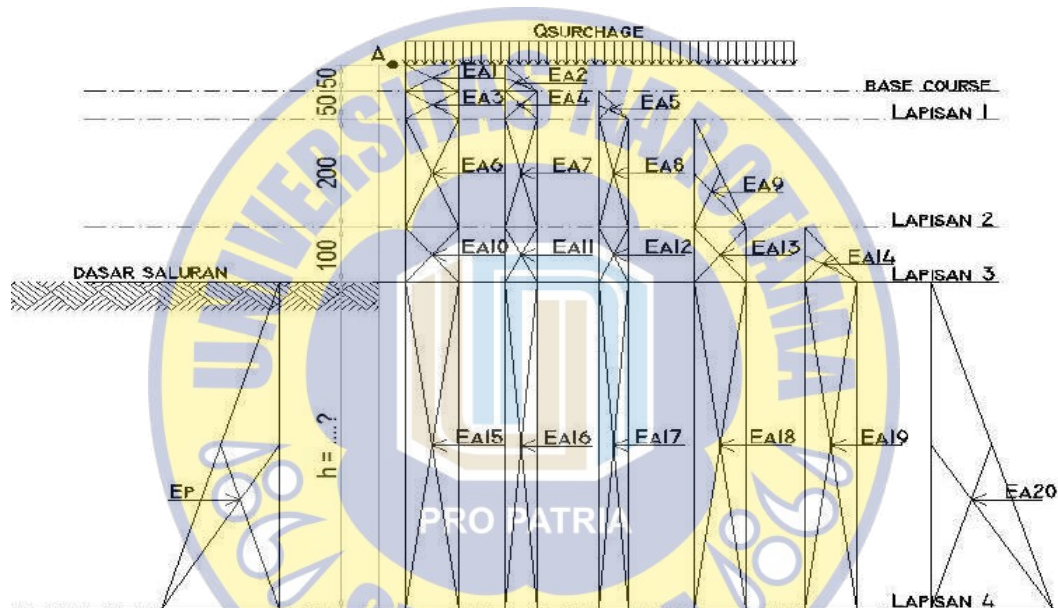
Koefisien tekanan tanah pasif (K_p)

$$\gamma_4 := 1.817 \text{ t/m}^3$$

$$\phi_4 := \frac{\pi}{9} \text{ (Sudut geser } 20^\circ \text{)}$$

$$c_u := 0.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_p := \left(\tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_4}{2} \right) \right)^2 = 2.04$$



Gambar 4.4 Diagram Gaya Lateral pada Sheet Pile
Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023

Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif

$$q_{\text{surcharge}} := 1 \quad \text{ton/m}^2$$

$$h_o := 0.5 \text{ m} \quad \text{(tinggi Base Course)}$$

$$h_1 := 0.5 \text{ m} \quad \text{(tinggi tanah aktif lapisan 1)}$$

$$h_2 := 2 \text{ m} \quad \text{(tinggi tanah aktif lapisan 2)}$$

$$h_3 := 1 \text{ m} \quad \text{(tinggi tanah aktif lapisan 3)}$$

$$h_4 := h \text{ m} \quad \text{(tinggi tanah aktif lapisan 4)}$$

$Ea1 := q_{\text{surchage-ho-Ka}} = 0.167 \quad \text{ton (Tekanan akibat qsurchage)}$
 $Ea2 := 0.5\gamma_{\text{ho-ho-Ka}} = 0.075 \quad \text{ton (Tekanan akibat base course)}$
 $Ea3 := q_{\text{surchage-h1-Kal}} = 0.245 \quad \text{ton (Tekanan akibat qsurchage)}$
 $Ea4 := \gamma_{\text{ho-h1-Kal}} = 0.221 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan base course)}$
 $Ea5 := 0.5\gamma_{1\text{-h1-h1-Kal}} = 0.107 \quad \text{ton (Tekanan akibat lapisan 1)}$
 $Ea6 := q_{\text{surchage-h2-Ka2}} = 0.981 \quad \text{ton (Tekanan akibat qsurchage)}$
 $Ea7 := \gamma_{\text{ho-h2-Ka2}} = 0.883 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan base course)}$
 $Ea8 := 0.5\gamma_{2\text{-h2-h2-Ka2}} = 0.856 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan 1)}$
 $Ea9 := 0.5\gamma_{2\text{-h2-h2-Ka2}} = 1.728 \quad \text{ton (Tekanan akibat lapisan 2)}$
 $Ea10 := q_{\text{surchage-h3-Ka3}} = 0.49 \quad \text{ton (Tekanan akibat qsurchage)}$
 $Ea11 := \gamma_{\text{ho-h3-Ka3}} = 0.441 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan base course)}$
 $Ea12 := \gamma_{1\text{-h1-h3-Ka3}} = 1.728 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan 1)}$
 $Ea13 := \gamma_{2\text{-h2-h3-Ka3}} = 0.428 \quad \text{ton (Tekanan akibat beban lapisan 2)}$
 $Ea14 := 0.5\gamma_{3\text{-h3-h3-Ka3}} = 0.445 \quad \text{ton (Tekanan akibat lapisan 3)}$

Tabel 4.4 Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif pada Titik A

Gaya	Nilai			Jarak terhadap	Momen
	(ton)			Titik A (m)	Gaya x Jarak
Ea1			0.167	0.25	0.042
Ea2			0.75	0.333	0.250
Ea3			0.245	0.75	0.184
Ea4			0.221	0.75	0.166
Ea5			0.107	0.833	0.089
Ea6			0.981	2	1.962
Ea7			0.883	2	1.766
Ea8			0.856	2	1.712
Ea9			1.728	2.333	4.031
Ea10			0.49	3.5	1.715
Ea11			0.441	3.5	1.544
Ea12			0.428	3.5	1.498
Ea13			1.728	3.5	6.048
Ea14			0.445	3.67	1.633

Ea15		0.49	x	-0.406	4+0.5x	$0.245x^2 + 1.757x - 1.624$
Ea16		0.441	x	-0.406	4+0.5x	$0.2205x^2 + 1.561x - 1.624$
Ea17		0.428	x	-0.406	4+0.5x	$0.214x^2 + 1.509x - 1.624$
Ea18		1.728	x	-0.406	4+0.5x	$0.864x^2 + 0.661x - 1.624$
Ea19		0.891	x	-0.406	4+0.5x	$0.4455x^2 + 0.2425x - 1.624$
Ea20	$0.445x^2$			-0.406	4+0.67x	$0.29815x^3 + 1.78x^2 - 0.272x - 1.624$

Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023

$$\Sigma \text{Maktif} = 0.29815x^3 + 3.769x^2 + 5.4585x + 12.895 \text{ (Tonm)}$$

Gaya dan Momen Akibat Tekanan

$$\text{Tanah Pasif } E_p = 1.853 x^2 + 0.406$$

Momen Terhadap Titik A

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{pasif}} &= (1.853 x^2 + 0.406) \times (0.67x + 4) \\ &= 1.24151x^3 + 7.412 x^2 + 0.272x + 1.624 \text{ (Tonm)} \end{aligned}$$

Perhitungan Kedalaman dan Profil Turap

Dalam kondisi seimbang $\Sigma M_{\text{pasif}} = \Sigma M_{\text{aktif}}$, maka :

$$1.24151x^3 + 7.412 x^2 + 0.272x + 1.624 = 0.29815x^3 + 3.769x^2 + 5.4585x + 12.895$$

$$0.94336x^3 + 0.3643 x^2 - 5.18648x - 11.271 = 0$$

Dengan cara trial and error didapatkan nilai $h = 2.912 \text{ m}$, untuk keamanan digunakan safety faktor 2, sehingga kedalaman turap yang dibutuhkan adalah $h = 2.912 \times 2 = 5.823 \text{ m}$ atau digunakan 6 m dari dasar saluran. Panjang total turap adalah $6 + 4 = 10 \text{ m}$.

Untuk mencari letak momen maksimum yang terjadi pada turap, maka persamaan

$$\frac{d\Sigma M_{total}}{dh} = 0, \text{ maka}$$

di atas harus dideferensialkan :

$2.83 x^2 + 0.7286x - 5.18648 = 0$ Dengan menggunakan rumus ABC, maka faktor dari persamaan tersebut adalah

$$X1 := \frac{-0.7286 + \sqrt{0.7286^2 - 4 \cdot 2.83 \cdot (-5.18648)}}{2 \cdot 2.83} = 1.231 \text{ m}$$

$$X2 := \frac{-0.7286 - \sqrt{0.7286^2 - 4 \cdot 2.83 \cdot (-5.18648)}}{2 \cdot 2.83} = -1.489 \text{ m}$$

Sehingga letak momen maksimum yang memenuhi adalah pada kedalaman 1.231 m dari dasar saluran.

Maka,

$$M_{max} := 0.94336 \cdot (x1^3) + 0.3643 \cdot (x1^2) - 5.18648 \cdot x1 - 11.271 = -15.344 \text{ tonm}$$

Tabel 4.5 Standart Spesification Corrugate Sheet Pile

Type	Dimension (mm)				Concrete Area (cm ²)	Weight (W) ton/m ³	Cracking Moment (t - m)
	Height (H) mm	Thick (T) mm	Width (W) mm	Lenght (L) m			
W-325 A 1000	325	110	996	6 - 12	1313	0,318	11,21
W-325 B 1000				6 - 14			13,62
W-350 A 1000	350	120	996	6 - 14	1465	0,366	16,24
W-350 B 1000				6 - 14			16,38
W-400 A 1000	400	120	996	6 - 14	1597	0,392	21,34
W-400 B 1000				6 - 14			23,40
W-450 A 1000	450	120	996	6 - 14	1697	0,449	23,81
W-450 B 1000				6 - 15			28,33
W-500 A 1000	500	120	996	6 - 15	1817	0,465	35,20
W-500 B 1000				6 - 16			40,61
W-600 A 1000	600	120	996	6 - 16	2077	0,517	45,45
W-600 B 1000				6 - 17			52,12

Sumber : Brosur PT. CALVARY ABADI

Dengan momen maksimum yang terjadi pada turap sebesar 15.344 tonm, maka digunakan turap beton CCSP Type W-350-A-1000 dengan cracking momen 16.24 ton.m. Dengan metode Fix Earth Support cara trial and error didapatkan nilai $h = 2.912$ m, untuk keamanan digunakan safety faktor 2, sehingga kedalaman turap yang dibutuhkan adalah $h = 2.912 \times 2 = 5.823$ m atau digunakan 6 m dari dasar saluran. Panjang total turap adalah $6 + 4 = 10$ m.

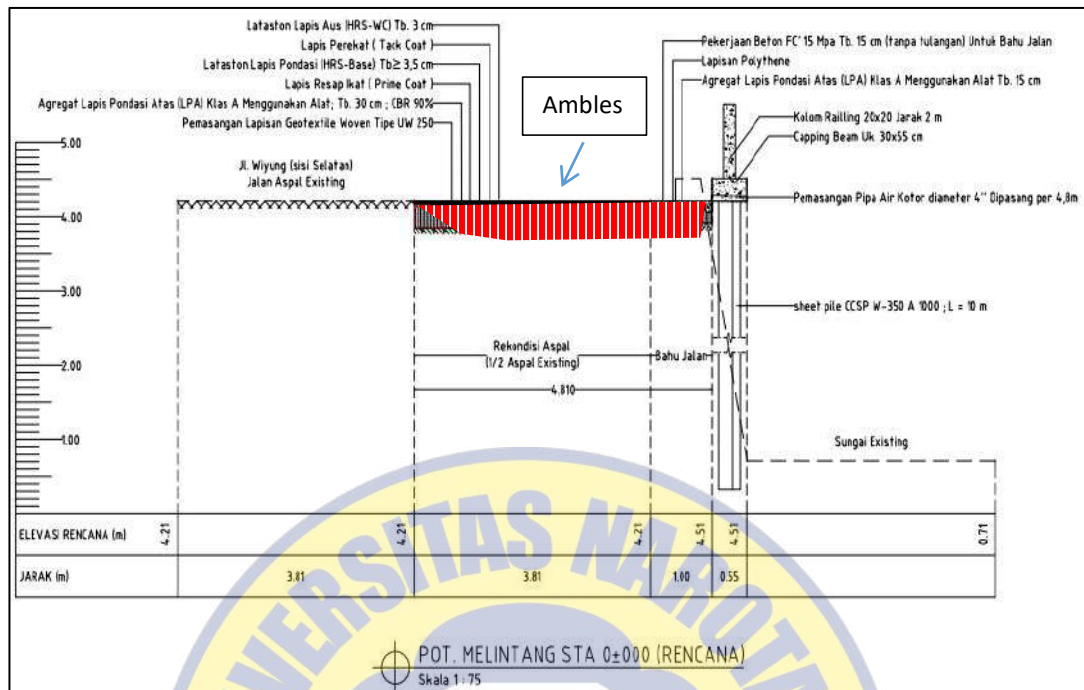


Gambar 4.5 Material CCSP
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Perhitungan RAB

Jenis Pekerjaan : Pengadaan Coruggrated Concrate Sheet Pile (CCSP W-350 A 1000 L=10m) Satuan Pembayaran : M1					
No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	KOEFFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4.0000	5	6=4×5
1	Mandor	Jam	0.0200	200,000.00	4,000.00
2	Pekerja Terampil	Jam	0.0500	181,500.00	9,075.00
3	Sopir	Jam	0.0500	190,000.00	9,500.00
4	Operator Alat Berat	Jam	0.0500	200,000.00	10,000.00
5	Sewa alat bantu angkutan muat/bongkar sheet pile ke lokasi terdekat	Ls	1.0000	15,000.00	15,000.00
6	Sheet Pile CCSP W.350 K.700 pjg 10m	Btg	1.0000	630,000.00	630,000.00
HARGA SATUAN PEKERJAAN					677,575.00
BIAYA UMUM					6,775.75
BIAYA KEUNTUNGAN					27,103.00
HARGA SATUAN					711,453.75
Jenis Pekerjaan : Pemancangan Coruggrated Concrate Sheet Pile (CCSP W-350 A 1000 L=10m) Satuan Pembayaran : M1					
No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	KOEFFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4.0000	5	6=4×5
1	Pekerja / Buruh Tak Terampil	Orang Hari	0.0617	181,500.00	11,203.70
2	Operator Alat Berat	Orang Hari	0.0123	200,000.00	2,469.14
3	Crane 75 ton (/hari)	Bh	0.0062	8,500,000.00	52,469.14
4	Sewa Vibro Hammer	Bh	0.0062	2,000,000.00	12,345.68
6	Solar	Bh	1.8519	15,000.00	27,777.78
7	Sewa bantalan kayu bekas	Bh	0.0056	250,000.00	1,388.89
HARGA SATUAN PEKERJAAN					107,654.32
BIAYA UMUM					1,076.54
BIAYA KEUNTUNGAN					4,306.17
HARGA SATUAN					113,037.04
RENCANA ANGGARAN BIAYA PRO PATRIA NAMA KEGIATAN : Penyelenggaraan Jalan Kabupaten/Kota NAMA SUB KEGIAT. : Pembangunan Jalan PAKET PEKERJAAN : Pembangunan Jalan Flexible Pavement Kolektor (JL. WIYUNG (JEMBATAN S/D TRAFIC LIGHT BABATAN UNESA) KODE KEGIATAN : 1.03.10.2.01.05 KODE REKENING : 5.2.04.01.01.0004 LOKASI : Kota Surabaya TAHUN ANGGARAN : 2023					
No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f= (d x e)
IV	PEMASANGAN CCSP				
1	Pengadaan Coruggrated Concrate Sheet Pile (CCSP W-350 A 1000 L=10m)	M1	730.00	711,453.75	519,361,237.50
2	Pemancangan Coruggrated Concrate Sheet Pile (CCSP W-350 A 1000 L=10m)	M1	730.00	113,037.04	82,517,037.04
Jumlah Harga Pekerjaan Pemasangan CCSP					601,878,274.54

4.2. Pekerjaan Badan Jalan



Gambar 4.6 Potongan melintang badan jalan Sta. 0+000
Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya, 2023

Tabel 4.6 Data CBR Hasil Test DCPT

CBR Lokasi 1	Lapis Agregat Klas A 90 % Lapis Agregat Klas B 71 % Tanah Dasar 3-4%
CBR Lokasi 2	Lapis Agregat Klas B 70 % Tanah Dasar 4 %
CBR Lokasi 3	Tanah Dasar 9 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel 4.7 Data LHR Jalan Wiyung - Babatan

Jenis kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah) 2023	LHR 2023	VDF4 aktual	VDF4 normal	VDF5 aktual	VDF5 normal	ESA4 ('23-'43) Aktual	ESA4 ('23-'43) Normal	ESA5 ('21-'25) Aktual	ESA5 ('21-'25) Normal
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)			(11)
Mobil penumpang dan kendaraan ringan lain	26086	30026								
5B	33	38	1.0	1.0	1.0	1.0	8.6.E+04	8.6.E+04	8.6.E+04	8.6.E+04
6B.2.2	134	154	0.6	0.6	0.5	0.5	1.9.E+05	1.9.E+05	1.8.E+05	1.8.E+05
6B.2.1	0	0	5.3	4.0	9.2	5.1	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00
7B	0	0	11.8	9.4	18.2	13.0	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00
7A2	0	0	10.2	4.3	19.0	5.6	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00
7C1	0	0	11.0	7.4	19.8	9.7	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00	0.0.E+00
						-	2.79E+05	2.79E+05	2.6.E+05	2.62E+05
						-	5.58E+05		5.23E+05	
							CESA4		CESA5	

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.8 Data Kriteria Tebal Perkerasan berdasarkan MDJP (No.03/M/BM/2024)

Bagan Desain - 2. Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾						
CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ₍₃₎	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)			Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	1000	1250	1500

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

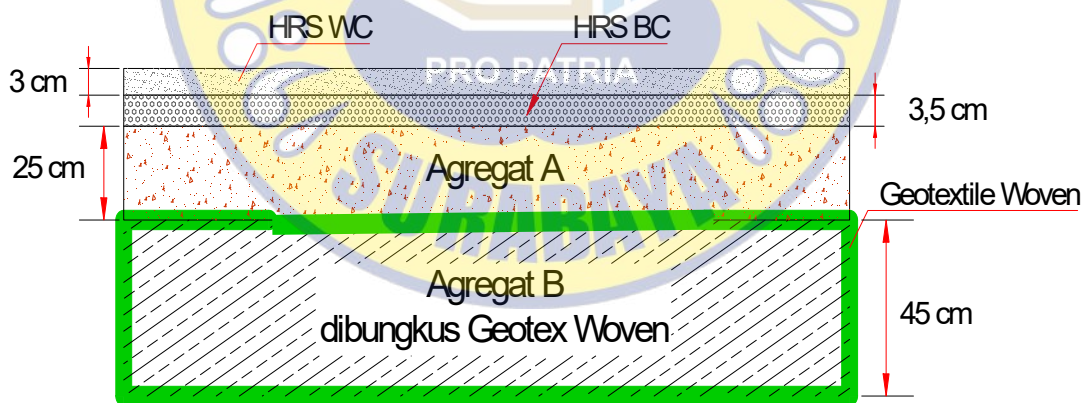
(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

Sumber: Buku Manual Desain Perkerasan 2024

Dari hasil test CBR tanah yang menggunakan metode *Dynamic Cone Penetrometer* (CDP) yang diperoleh di 3 titik, menunjukkan informasi bahwa tanah yang ambles di sta. 0+000 merupakan tanah yang berkekuatan rendah. Juga berkesesuaian dengan data LHR di jalan Wiyung, menunjukkan bahwa semakin tahun semakin bertambah kendaraan yang melewati jalan tersebut. Akibatnya beban yang diterima oleh tanah dasar semakin besar. Karena tanah di area tersebut termasuk tanah jenis lunak dimana jika menerima beban yang berlebih tanah akan mendesak kesamping hingga turap / dinding penahan badan jalan existing dan menyebabkan kerusakan pada dinding penahan tanah.

Adapun metode penanganan konstruksi badan jalan di atas tanah lunak yang diterapkan pada proyek pembangunan Jalan Wiyung - Babatan sesuai dengan Manual Desain Jalan Perkerasan (MDJP) (No.03/M/BM/2024) sebagaimana terurai seperti di bawah ini.



Gambar 4.7 Desain Struktur Jalan Wiyung - Babatan
Sumber: Hasil Analisa

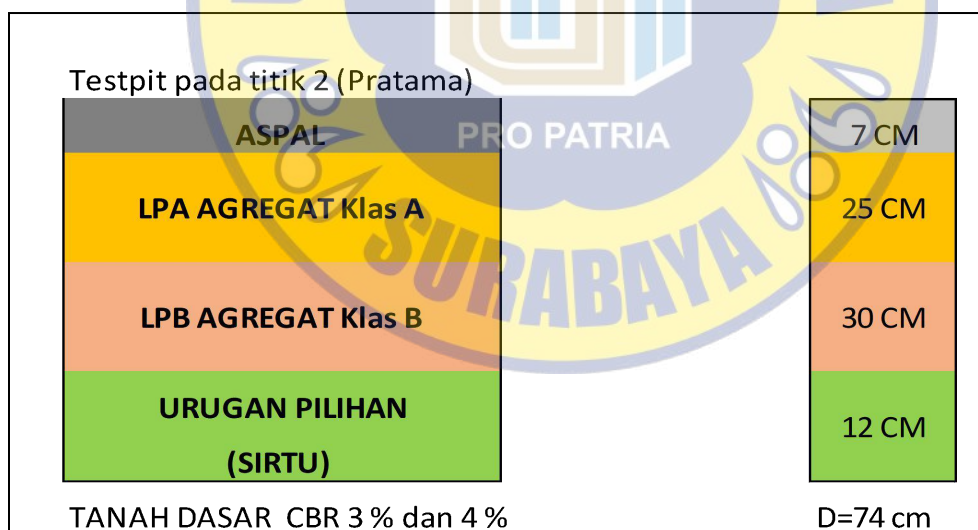
Gambar desain struktur diatas dapat dihitung dengan Index Tebal Perkerasan yang berdasarkan Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan No. 01/PD/BM/1983. Adapun angka koefisien material perkerasan jalan didapat sebagai berikut:

Tabel 4.9 Koefisien Bahan Pada Perkerasan Jalan Raya

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0.40			744			
0.35			590			Laston
0.32			454			
0.30			340			
0.35			744			
0.31			590			Lasbutag
0.28			454			
0.26			340			
0.30			340			HRA
0.26			340			Aspal Macadam
0.25						Lapen (Mekanis)
0.20						Lapen (Manual)
	0.28		590			
	0.26		454			Laston
	0.24		340			
	0.23					Lapen (Mekanis)
	0.19					Lapen (Manual)
	0.15			22		Stabilitas Tanah
	0.13			18		Dengan semen

	0.15			22		Stabilitas Tanah
	0.13			18		Dengan Kapur
	0.14				100	Batu pecah (kelas A)
	0.13				80	Batu pecah (kelas B)
	0.12				60	Batu pecah (kelas C)
		0.13			70	Sirtu/Pitrun (Kelas A)
		0.12			50	Sirtu/Pitrun (Kelas B)
		0.11			30	Sirtu/Pitrun (Kelas C)
		0.10			20	Tanah/Lempung Kepasiran

Sumber: Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan No.01/PD/BM/1983



Gambar 4.8 Hasil Test PIT Lokasi Pratama
Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga

Perhitungan Indeks Tebal Perkerasan:

a. Data hasil test PIT lapangan:

Material	Tebal (Cm)	Koefisien Bahan	ITP
Aspal	7	0.32	2.24
Agregat A	25	0.14	3.5
Agregat B	30	0.12	3.6
Sirtu	12	0.1	1.2
ITP			10.54

b. Hasil Review Design

Material	Tebal (Cm) (d)	Koefisien Bahan (a)	ITP
HRS-WC (a1)	3	0.32	0.96
HRS-BC (a2)	3.5	0.28	0.98
Agregat Klas A (a2)	25	0.14	3.5
Agregat Klas B	D3	0.12	

Perhitungan Tebal Perkerasan:

ITP Lapangan 10.54

ITP Review Design = X $\Rightarrow$ X = a1.d1 + a1.d1 + a2.d2 + a3.d3

$$10.54 = 3 \times 0.32 + 3.5 \times 0 + 25 \times 0.14 + 0.12 \times d3$$

$$10.54 = 0.96 + 0.98 + 3.5 + 0.12d3$$

$$10.54 = 5.44 + 0.12d3$$

$$D3 = \frac{10.54 - 5.44}{0.12}$$

$$D3 = 42.5 \text{ Cm} \sim 45 \text{ Cm}$$

a. Agregat B dibungkus Geotex Woven UW-250 (dijahit)

Setelah pengupasan badan jalan sampai tanah dasar, selanjutnya digelar Geotex jenis woven UW-250 kemudian di gelar Agregat B setebal 45 cm, ditutup kembali dengan Geotex dan dijahit double dengan penjahitan Minimal 30 cm melintang.



Gambar 4.9 Pemasangan Geotex Bawah
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.10 Hampar Agregat B
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.11 Pemasangan dan penjahitan Geotex Atas
Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. Agregat A

Agregat A di gelar setebal 25 cm diatas Agregat B yang telah dibungkus Geotex.



Gambar 4.12 Hampar LPA
Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. HRS BC

Setelah ditimbun Agregat A, selanjutnya gelar aspal HRS BC setebal 3.5 cm.



PRO PATRIA
Gambar 4.13 Gelar HRS BC
Sumber: Dokumentasi Pribadi

d. HRS WC

Setelah hampar aspal HRS BC, lapisan terakhir paling atas adalah HRS WC dengan tebal 3 cm.



Gambar 4.14 Gelar HRS WC
Sumber: Dokumentasi Pribadi