

**RE-DESAIN PONDASI TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN
REVTMENT KALI PEPE HILIR****Muhammad Afandi*, Anto Budi Listyawan**

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

*Email: d100190284@student.ums.ac.id**Abstrak**

Proyek pembangunan revetment kali pepe hilir merupakan pengerjaan revetment pada pinggir sungai kali pepe hilir dengan panjang kurang lebih 400 m, revetment dibangun tiap segmen. Untuk satu segmen revetment memiliki panjang 10,3 m dengan ketinggian secara vertikal 9,10 m. Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada lokasi rencana Proyek Penataan Kali Pepe (PA Demangan Lama-PA Demangan Baru) Kota Surakarta. yang beralamat di Kecamatan Jebres Kota Surakarta, didapat data bahwa kedalaman tanah keras yang mampu menahan beban berdasarkan hasil bor dan laboratorium berada pada kedalaman 12 m dengan muka air pada kedalaman 0,75 m. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas dukung tiang pancang, jumlah, kedalaman serta penulangannya. perhitungan tekanan lateral tanah menggunakan metode rankine dan perhitungan kapasitas dukung tiang tunggal menggunakan metode mayerhoff. Nilai kapasitas dukung tunggal adalah 1043,044 kN pada diameter 0,3 m, 1774,192 kN pada diameter 0,4 m. Jumlah tiang yang dibutuhkan pada revetment atas sebanyak 2 tiang dengan kedalaman 7 m dan 6 tiang pada revetment bawah dengan kedalaman 4 m. Menggunakan tulangan longitudinal diameter 10 mm dengan tulangan spiral dengan diameter 8-30 mm pada tiang dengan diameter 0,3 m dan tulangan longitudinal diameter 13 mm dengan tulangan spiral dengan diameter 10-40 mm pada tiang dengan diameter 0,4 m.

Kata Kunci: kapasitas dukung, pondasi tiang pancang, revetment**Abstract**

The kali pepe downstream revetment construction project is a revetment work on the riverbank of kali pepe downstream with a length of approximately 400 m, revetment is built per segment. For one segment, the revetment has a length of 10.3 m with a vertical height of 9.10 m. Based on the results of field testing at the location of the Pepe River Arrangement Project plan (PA Demangan Lama-PA Demangan Baru) Surakarta City. which is located in Jebres District, Surakarta City, the data obtained that the depth of hard soil that is able to withstand the load based on the results of drilling and laboratory is at a depth of 12 m with a water table at a depth of 0.75 m. This study aims to determine the bearing capacity of piles, number, depth and reinforcement. calculation of soil lateral pressure using rankine method and calculation of single pile bearing capacity using mayerhoff method. The single bearing capacity value is 1043.044 kN at 0.3 m diameter, 1774.192 kN at 0.4 m diameter. The number of poles required on the upper revetment is 2 poles with a depth of 7 m and 6 poles on the lower revetment with a depth of 4 m. Using 10 mm diameter longitudinal reinforcement with spiral reinforcement with a diameter of 8-30 mm on poles with a diameter of 0.3 m and 13 mm diameter longitudinal reinforcement with spiral reinforcement with a diameter of 10-40 mm on poles with a diameter of 0.4 m.

Keywords: revetment, pile foundation, bearing capacity**1. PENDAHULUAN**

Proyek pembangunan revetment kali pepe hilir merupakan pengerjaan revetment pada pinggir sungai kali pepe hilir dengan panjang bangunan revetment kurang lebih 400 m, revetment dibangun tiap segmen. Untuk satu segmen revetment memiliki panjang 10,3 m dengan ketinggian secara vertikal 9,10 m. Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada lokasi rencana Proyek Penataan Kali Pepe (PA Demangan Lama-PA Demangan Baru) Kota

Surakarta. yang beralamat di Kecamatan Jebres Kota Surakarta, didapat data bahwa kedalaman tanah keras yang mampu menahan beban berdasarkan hasil bor berada pada kedalaman 12 m dengan muka air pada kedalaman 0,75 m. Untuk kedalaman tanah keras 12 meter menggunakan pondasi tiang pancang tipe *square pile* dengan dimensi 0,4 m x 0,4 m pada revetment atas dan untuk kedalaman 6 meter menggunakan pondasi tiang pancang tipe *FCSP* (*Flat Concrete Sheet Pile*) dengan dimensi

0,32m x 0,5m pada revetment bawah (Laporan Penyelidikan tanah, 2021). Karena *FCSP (Flat Concrete Sheet Pile)* biasanya cenderung digunakan menjadi bangunan turap maka dalam hal ini peneliti mengganti pondasi *FCSP (Flat Concrete Sheet Pile)* menjadi pondasi *spun pile* direncanakan menggunakan pondasi tiang dengan diameter 0,3m pada *revetment* atas dan pondasi tiang dengan diameter 0,4 m pada *revetment* bawah dengan kedalaman yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung tiang, menghitung jumlah dan kedalaman tiang dan menghitung penulangan tiang pancang.

Fondasi dengan struktur bangunan saling berkaitan, disebabkan fondasi berfungsi mentransfer beban-beban atau gaya-gaya dari struktur atas ke tanah dasar dengan komposisi tanah keras (Bowles, 1999). Dalam memilih tipe fondasi tiang harus berdasarkan fungsi dari bangunan diatasnya, kapasitas beban, berat bangunan, kondisi tanah di mana bangunan tersebut akan didirikan, dan biaya fondasi dibandingkan dengan bangunan atas (Sardjono, 1988)

Fondasi tiang pancang merupakan jenis fondasi berbentuk tiang diletakan pada lapisan tanah pendukung yang berguna sebagai penerima dan penyalur beban dari konstruksi atas menuju tanah pendukung di kedalaman tertentu. Jika pada bangunan diketahui daya dukung tanah yang tidak memadai dalam memikul berat maka digunakan fondasi tiang pancang. (Sardjono, 1988).

Penyelidikan tanah berguna dalam menentukan jenis fondasi sebuah bangunan. Dalam penyelidikan tanah dilakukan penyelidikan di lapangan berguna mengambil sampel tanah yang kemudian akan dilaksanakan pengujian di laboratorium untuk diketahui sifat-sifat dan karakteristik tanah. Dengan penyelidikan tanah bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan komposisi lapisannya (Pamungkas dan Harianti, 2013).

Pondasi tiang pancang adalah suatu struktur pondasi berbentuk tiang yang penempatannya pada lapisan tanah pendukung. Sistem kerja pondasi jenis ini dikaitkan dengan kapasitas dukung tanah, didasarkan pada kapasitas dukung ujung tiang maupun lekatan tanah pada keliling permukaan tiang pancang (Sardjono, 1988).

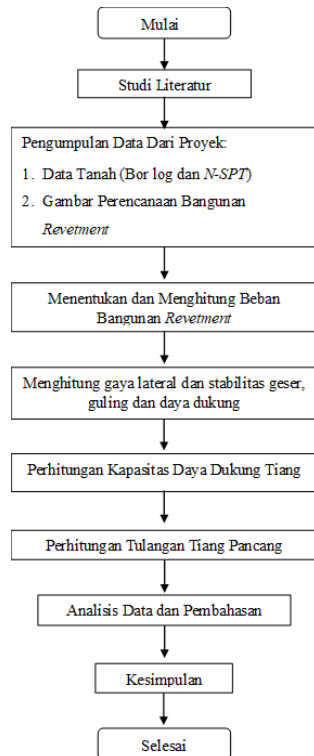
Penelitian yang dilakukan oleh (Geometri Dan, 2018) dengan judul “Analisa Redesain

Pondasi Abutment dan Dinding Penahan Tanah Jembatan Sungai Desa Kendalbulur Kecamatan Boyolangu Kabupaten Tulungagung”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain pondasi yang sesuai untuk abutment dan DPT-2. Telah dilakukan evaluasi bahwa daya dukung abutment 1, abutment 2, dan dinding penahan tanah 2 (DPT-2) tidak aman sehingga perlu dilakukan redesain untuk mengetahui desain yang sesuai. Dalam re-desain dilakukan suatu analisis hitungan terhadap daya dukung, tahanan lateral tiang, dan momen tiang. Kemudian dilakukan analisis hitungan terhadap stabilitas guling, geser, dan daya dukung akibat re-desain tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian terbatas menggunakan pondasi tiang dengan diameter 0,3 m pada *revetment* atas dan diameter 0,4 m pada *revetment* bawah. Fondasi tiang pancang yang direncanakan merupakan pondasi yang mendukung kolom dengan beban aksial terbesar dengan faktor aman 2,5.

Tahap awal dengan pengumpulan data sekunder, meliputi data hasil pengujian SPT, Gambar teknis. Tahap berikutnya menghitung beban mati, beban hidup dan beban gempa berdasarkan SNI 1727 : 2020, volume bangunan *revetment* atas dan bawah kemudian menghitung tekanan lateral tanah dengan metode *rankine*. Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang tunggal, lalu dihitung jumlah tiang yang dibutuhkan untuk menahan beban maksimum, menghitung kapasitas dukung kelompok tiang menggunakan metode *mayerhoff*, membuat desain penulangan tiang pancang. Tahap terakhir adalah menyusun kesimpulan.



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembebanan

3.1.1 Beban mati dan beban hidup

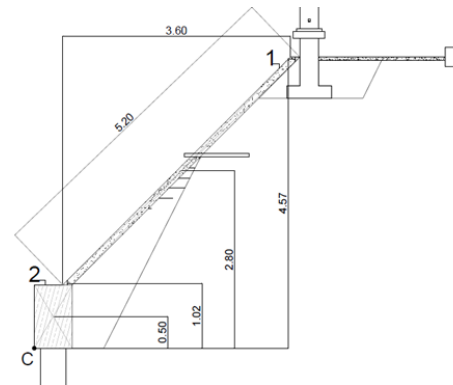
Beban mati diperoleh dari paving dan beban hidup berdasarkan SNI 1727:2020

Tabel 1
Beban mati dan beban hidup

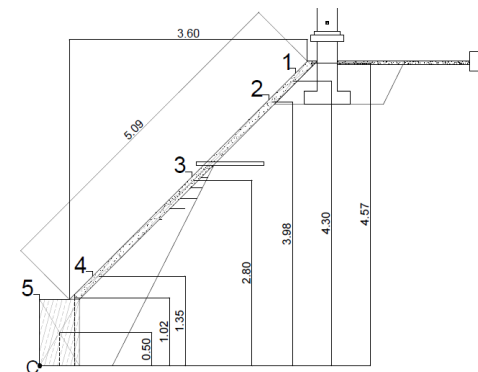
Beban	Nilai kN/m ²	Sumber
Mati	21,264	SNI 1727 : 2020
Hidup	11,97	SNI 1727 : 2020

3.1.2 Beban gempa (E)

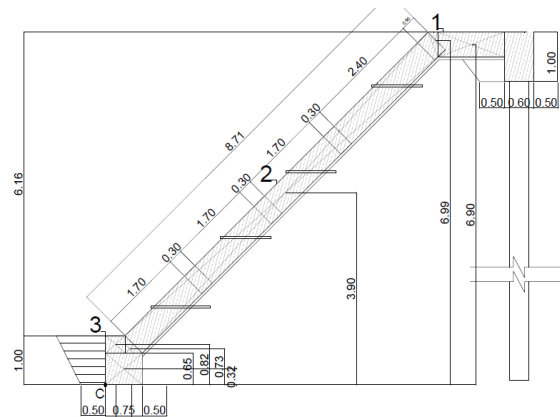
Koefisien zona gempa terletak pada Zona A didapatkan 0,1 sampai 0,3. Menggunakan periode ulang 10 tahun didapatkan percepatan kejut dasar 90 cm/dt². Kemudian kebutuhan koefisien gempa menurut (CDMG,1997) didapatkan 0,0275.



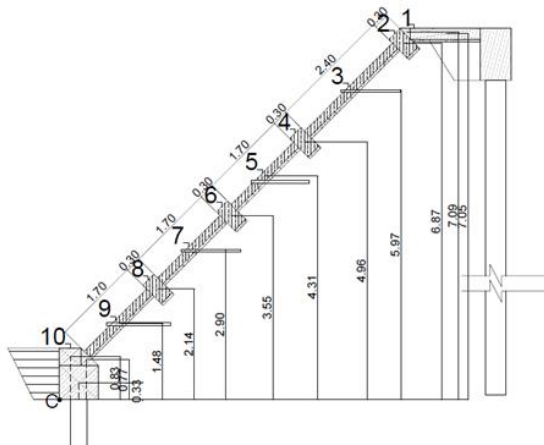
Gambar 2. Revetment atas bagian 1
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Gambar 3. Revetment atas bagian 2
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Gambar 4. Revetment bawah bagian 1
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Tabel 5
Gempa revetment atas bagian 2

perkuatan tanah bawah							
No	$A(m^2)$	γ (kN/m^3)	$W(kN)$ $W=A \cdot \gamma$	Fg (kN) $Fg=W \cdot E$	Titik C	M_y (kNm) $M_y=Fg \cdot T$	M_x (kNm) $M_y=Fg \cdot t$
						ϵ	ϵ
1	0,29	24,00	7,08	0,195	7,05	1,373	1,37
2	0,15	24,00	3,60	0,099	6,87	0,681	0,68
3	0,36	24,00	8,64	0,238	5,97	1,420	1,42
4	0,15	24,00	3,60	0,099	4,96	0,491	0,49
5	0,26	24,00	6,12	0,168	4,31	0,726	0,73
6	0,15	24,00	3,60	0,099	3,55	0,352	0,35
7	0,26	24,00	6,12	0,168	2,90	0,488	0,49
8	0,15	24,00	3,60	0,099	2,14	0,212	0,21
9	0,26	24,00	6,12	0,168	1,48	0,249	0,25
10	0,69	24,00	16,56	0,456	0,47	0,213	0,21
jumlah			65,04	1,79	39,70	6,21	6,21

3.2. Kombinasi Beban

Tabel 2
Gempa *revetment* bawah bagian 1

perkuatan tanah bawah							
No	A (m2)	γ (kN/m3)	W (kN) $W=A.\gamma$	F_g (kN) $F_g = W.E$	Titik C	M_y (kNm) $M_y=F_g.T$	M_x (kNm) $M_x=F_g.T$
						e	e
1	1,04	25,00	26,00	0,716	2,80	2,00	2,00
2	0,6	25,00	15,00	0,413	0,50	0,21	0,21
jumlah			41,00	1,13		2,21	2,21

Tabel 6
Kombinasi beban

Kombinasi	Persamaan	Hasil (kN/m ²)
1	1,4 <i>D</i>	2,464
2	1,2 <i>D</i> + 1,6 <i>L</i>	21,264
3	1,2 <i>D</i> + 1,6 (<i>Lr</i> <i>S</i> <i>R</i>)+(<i>L</i> atau 0,5 <i>W</i>)	14,082
4	1,2 <i>D</i> + 1 <i>E</i> + <i>L</i> + 0,2 <i>s</i>	21,671
5	0,9 <i>D</i> + 1 <i>W</i>	1,584
6	0,9 <i>D</i> + 1 <i>E</i>	9,173

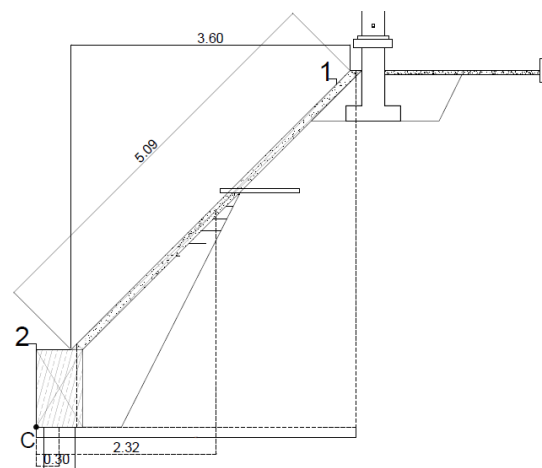
Tabel 3
Gempa *revetment* bawah bagian 2

perkuatan tanah bawah							
No	A (m2)	γ (kN/m3)	W (kN) $W=A \cdot \gamma$	F_g (kN) $F_g = W \cdot E$	Titik C	M_y (kNm) $M_y = F_g \cdot T$	M_x (kNm) $M_x = F_g \cdot t$
						c	c
1	0,09	24,00	2,04	0,056	7,05	0,396	0,40
2	0,03	24,00	0,72	0,020	3,98	0,079	0,08
3	0,25	24,00	5,93	0,163	2,80	0,457	0,46
4	0,10	24,00	2,40	0,066	1,33	0,088	0,09
5	0,60	24,00	14,40	0,396	0,50	0,198	0,20
jumlah			25,49	0,70		1,22	1,22

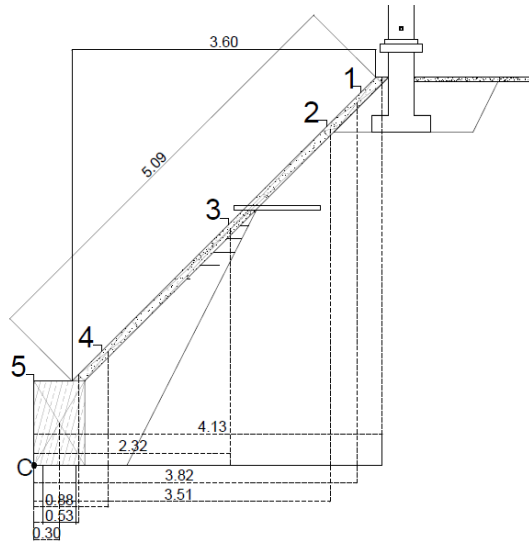
3.3. Volume Revetment

Tabel 4
Gempa *revetment* atas bagian 1

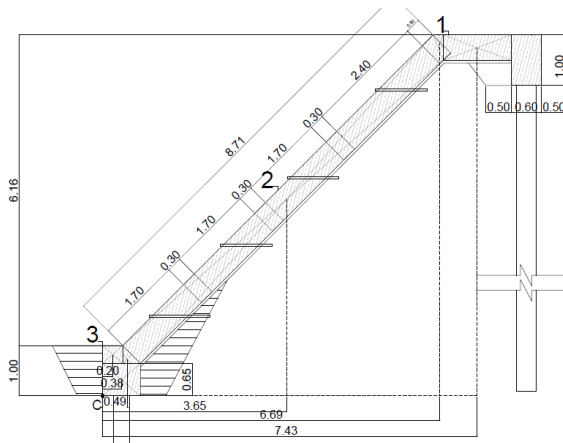
perkuatan tanah atas							
No	A (m2)	γ (kN/m3)	W (kN) $W=A.\gamma$	F_g (kN) $F_g=W.E$	Titik C	M_y (kNm) $M_y=F_g.T$	M_x (kNm) $M_y=F_g.T$
1	0,73	25,00	18,13	0,50	6,92	3,45	3,45
2	4,36	25,00	108,88	3,00	3,90	11,69	11,69
3	0,69	25,00	17,19	0,47	0,46	0,22	0,22
jumlah			144,19	3,97		15,36	15,36



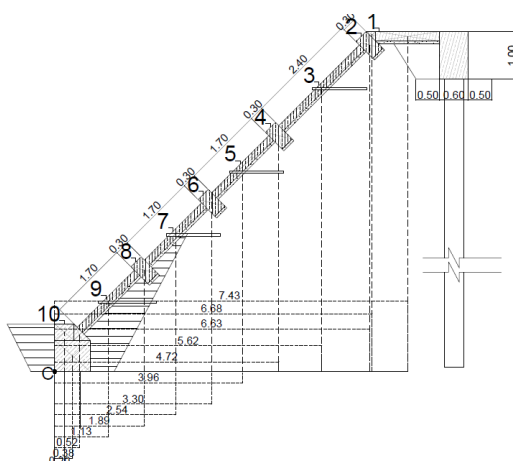
175



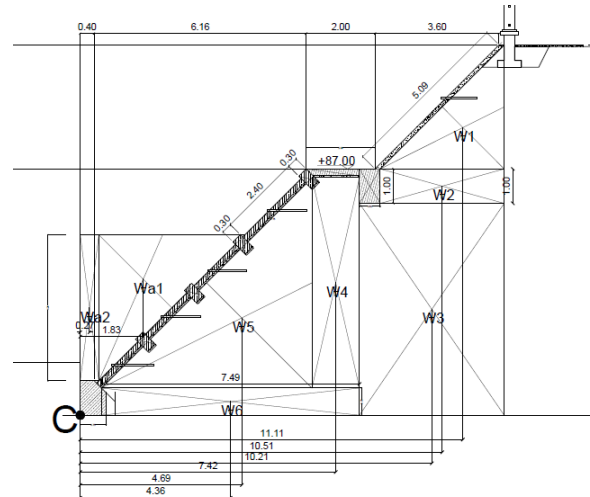
Gambar 7. Volume revetment bawah
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Gambar 8. Volume revetment atas
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Gambar 9. Volume revetment bawah
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)



Gambar 10. Volume tanah di bawah
revetment
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)

Perhitungan volume dari revetment disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 7
Volume revetment bawah bagian 1

perkuatan tanah bawah					
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
1	1,04	1,04	25,00	26,00	2,32
2	0,6	0,60	25,00	15,00	0,3
jumlah				41,00	64,84

Tabel 8
Volume revetment bawah bagian 2

perkuatan tanah bawah					
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
1	0,09	0,09	24,00	2,04	3,84
2	0,03	0,03	25,00	0,75	3,51
3	0,25	0,25	24,00	5,93	2,32
4	0,10	0,10	24,00	2,40	0,84
5	0,60	0,60	25,00	15,00	0,30
jumlah				26,12	30,75

Tabel 9
Volume revetment atas bagian 1

perkuatan tanah atas					
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
1	0,73	0,73	25,00	18,13	7,38
2	4,355	4,355	25,00	108,88	3,65
3	0,6894	0,6894	25,00	17,24	0,26432314
jumlah				144,24	535,77

Tabel 10
Volume *revetment* atas bagian 2

perkuatan tanah atas						
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C	M_v ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
1	0,29	0,29	25,00	7,37	7,38	54,38
2	0,15	0,15	25,00	3,75	6,63	24,86
3	0,36	0,36	25,00	9,00	5,62	50,58
4	0,15	0,15	25,00	3,75	4,72	17,70
5	0,26	0,26	25,00	6,38	3,96	25,25
6	0,15	0,15	25,00	3,75	3,30	12,38
7	0,26	0,26	25,00	6,38	2,54	16,19
8	0,15	0,15	25,00	3,75	1,89	7,09
9	0,26	0,26	25,00	6,38	1,13	7,20
10	0,69	0,69	25,00	17,26	0,26	4,54
jumlah				67,75		220,16

Tabel 11
Volume tanah

Tanah						
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C	M_v ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
w1	6,48	6,48	18,53	120,10	11,11	1334,36
w2	3,60	3,60	18,53	66,72	10,51	701,27
w3	25,79	25,79	18,53	477,97	10,21	4880,07
w4	0,95	0,95	18,53	17,65	7,42	130,95
w5	37,33	37,33	18,53	691,93	4,69	3245,17
w6	5,92	5,92	18,53	109,67	4,36	478,17
Jumlah				1484,05		10769,99

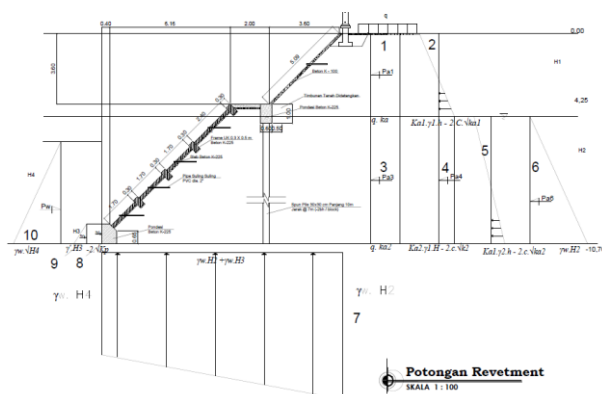
Tabel 12
Volume dari air

Air						
No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C	M_v ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
wa1	8,99	8,99	9,80	88,09	1,83	161,21
wa2	2,29	2,29	9,80	22,44	0,27	6,06
jumlah				110,53		167,26

Tabel 13
Volume beban merata

No	$A (m^2)$	$V (m^3)$	γ (kN/m^3)	W (kN/m) $W=A \cdot \gamma$	Titik C	M_v ($kN \cdot m/m$) $M_v=W \cdot l_c$
q	77,40	77,40	1,00	77,40	14,41	1115,35

3.4. Identifikasi Gaya



Gambar 11. Beban lateral dari *revetment*
(sumber : PT BSI KSO PT MBS)

3.3.1 Gaya di atas muka air (aktif)

Dalam perhitungan lengan beban dan momen gaya lateral $Pa1$ dan $Pa2$ disajikan dalam tabel 14.

Tabel 14
Lapisan di atas muka air

No	Bagian	Alas	Tinggi (m)	Gaya	P_a (kN)	lengan beban	M_a (kNm)
1	$Pa1$	$q \cdot ka$	4,25	$q \cdot ka \cdot H1$	61,459	2,125	130,601
2	$Pa2$	$ka1 \cdot \gamma \cdot l \cdot h - 2 \cdot C \cdot \sqrt{ka1}$	4,25	$1/2 (ka1 \cdot \gamma \cdot l \cdot h - 2 \cdot C \cdot \sqrt{ka1}) \cdot h$	7,670	1,417	10,866
$\Sigma Pa =$					69,129	$\Sigma Ma =$	141,467

3.3.2 Gaya di bawah muka air (aktif)

Tabel 15
Lapisan di bawah muka air

No	Bagian	Alas	Tinggi (m)	Gaya	P_a (kN)	lengan beban	M_a (kNm)
1	$Pa3$	$q \cdot ka2$	6,51	$q \cdot ka2 \cdot H2$	70,515	3,255	229,526
2	$Pa4$	$ka2 \cdot \gamma \cdot l \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{ka2}$	6,51	$(ka2 \cdot \gamma \cdot l \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{ka2}) \cdot H2$	41,179	3,255	134,039
3	$Pa5$	$ka1 \cdot \gamma \cdot 2 \cdot h - 2 \cdot c \cdot \sqrt{ka2}$	6,51	$1/2 (ka1 \cdot \gamma \cdot 2 \cdot h - 2 \cdot c \cdot \sqrt{ka2}) \cdot h$	6,537	2,170	14,185
4	$Pa6$	$1/2 \cdot \gamma \cdot H2$	6,51	$1/2 \cdot \gamma \cdot H2^2$	207,874	2,170	451,087
$\Sigma Pa =$					326,105	$\Sigma Ma =$	828,837
$\Sigma Pa \text{ total} =$					395,235	$\Sigma Ma \text{ total} =$	970,304

3.3.3 Gaya *uplift* (aktif)

Dalam perhitungan lengan beban dan momen gaya lateral Pu disajikan dalam tabel 16

Tabel 16
Uplift

No	Bagian	Alas	Tinggi (m)	Gaya	P_u (kN)	lengan beban	M_u (kNm)
1	Pu	$\gamma_w \cdot H2 - \gamma_w \cdot H3$		$1/2 (\gamma_w \cdot H2 - \gamma_w \cdot H3) \cdot B$	708,89513	6,372	4516,778

3.3.4 Tekanan Di depan *Revetment* (Pasif)

Dalam perhitungan lengan beban dan momen gaya lateral Pp disajikan dalam tabel 17

Tabel 17
Gaya Pasif

No	Bagian	Alas	Tinggi (m)	Gaya	P_p (kN)	lengan beban	M_p (kNm)
1	$Pp1$	$\gamma' \cdot H3$	1	$1/2 \gamma' \cdot (H3)^2$	2,010	0,333	0,670
2	$Pp2$	$2 \cdot \sqrt{Kp} \cdot H3$	1	$2 \cdot \sqrt{Kp} \cdot H3$	-33,290	0,500	-16,645
$\Sigma Pa =$					-31,280	$\Sigma Ma =$	-15,975

Dalam perhitungan lengan beban dan momen gaya lateral Pw disajikan dalam tabel 18.

Tabel 18
Gaya air sungai

No	Bagian	Alas	Tinggi (m)	Gaya	P_w (kN)	lengan beban	M_w (kNm)
1	Pw	$1/2 \cdot \gamma_w \cdot H4$	5,24	$1/2 \cdot \gamma_w \cdot H4$	134,680	1,747	235,240

Identifikasi gaya digunakan dalam menghitung stabilitas *revetment*.

3.5. Stabilitas *Revetment*

Masing-masing *bor log* terdapat 2 perhitungan angka aman *revetment* pada bagian 1 dan bagian 2. Masing-masing angka aman direkap seperti di bawah.

Tabel 19
Stabilitas tiap bor log bagian 1

SF	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04	BL-05
<i>F_{gl}</i>	2,879	2,457	2,496	2,287	2,338
<i>F_{gs}</i>	4,651	4,497	6,587	1,702	1,787
<i>F</i>	0,415	0,424	1,719	0,221	0,211

Tabel 20
Stabilitas tiap bor log bagian 2

SF	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04	BL-05
<i>F_{gl}</i>	2,807	2,395	2,433	2,229	2,279
<i>F_{gs}</i>	4,372	4,267	6,587	1,613	1,693
<i>F</i>	0,449	0,464	1,719	0,241	0,230

Dari kelima Bor Log diatas dapat diketahui *revetment* aman terhadap stabilitas guling dan stabilitas geser. Untuk stabilitas daya dukung rata-rata tidak aman maka konstruksi perlu ditambah dengan pondasi tiang pancang.

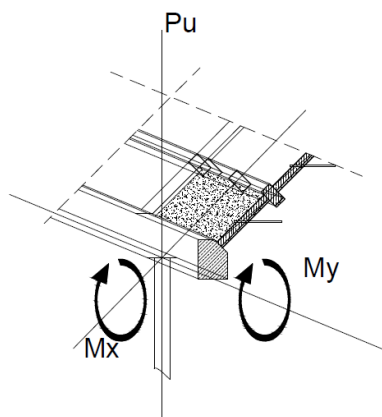
3.6. Perhitungan Tiang Pancang

Perhitungan tiang pancang disajikan pada tabel di bawah, didapatkan masing-masing diameter daya dukung kelompok tiang 1489,192 kN pada diameter 0,3 m dan daya dukung kelompok tiang 3940,673 kN pada diameter 0,4 m.

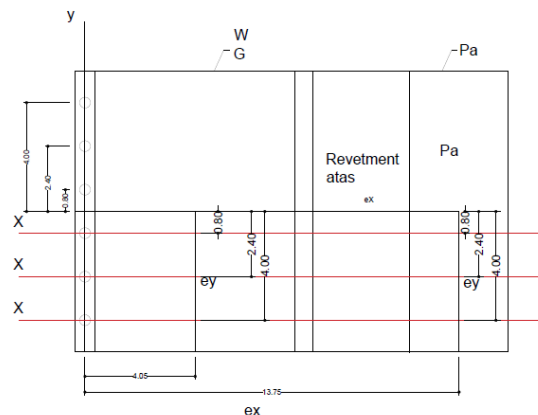
Tabel 21
Perhitungan tiang pancang

Diameter tiang	0,3	0,4
Tahanan gesek tiang (<i>Q_s</i>) (kN)	435,952	437,226
Tahanan Ujung tiang (<i>Q_p</i>) (kN)	614,955	1344,602
Kapasitas dukung ultimit Netto (<i>Q_u</i>) (kN)	1043,044	1774,192
Kapasitas dukung ijin tiang (<i>Q_a</i>) (kN)	417,218	887,0961
Jumlah tiang yang digunakan (<i>n</i>)	2	6
Efisiensi kelompok tiang	0,986	0,870
Dava dukung kelompok tiang (kN)	1489,192	3940,673

Perhitungan beban maksimum tiang pada kelompok tiang diameter 0,4 m

**Gambar 12** *Gambar Mx dan My pada revetment*

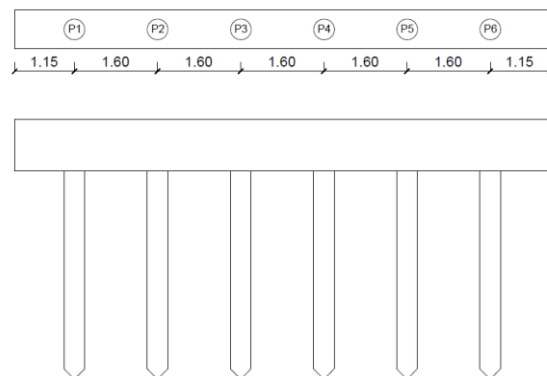
Jika dilihat dari Gambar 3.17 di atas, gaya-gaya tidak tepat di atas *pile cap* tetapi gaya-gaya pada *revetment* lebih menjorok ke samping *pile cap* maka dalam mencari momen x dan momen y terdapat eksentrisitas sebagai jarak pengali gaya maka agar memudahkan proses perhitungan dibuat Gambar tampak atas eksentrisitas seperti ditunjukkan Gambar 13 di bawah ini.

**Gambar 13.** Tampak atas *Mx dan My*

Beban aksial didapatkan 1485,16 kN. Dengan *My1* didapatkan 1029,97 kN/m², *My2* didapatkan 1139,94 kN/m², dan *My3* didapatkan 1899,9 kN/m² dengan masing-masing Jarak eksentrisitasnya 0,8 m, 2,4 m dan 4m. Kemudian dilakukan perhitungan beban maksimum pada kelompok tiang disajikan pada tabel di bawah ini

Tabel 22
Beban maksimum pada kelompok

bagian	<i>P_u</i> (kN/m ²)	<i>n</i>	<i>X_{max}</i>	<i>My</i>	<i>P</i> tiang
<i>P1</i>	1485,157	6	-4,00	1899,902	77,892
<i>P2</i>	1485,157	6	-2,4	1139,941	186,458
<i>P3</i>	1485,157	6	-0,8	1029,972	229,134
<i>P4</i>	1485,157	6	0,8	1029,972	265,919
<i>P5</i>	1485,157	6	2,4	1139,941	308,594
<i>P6</i>	1485,157	6	4	1899,902	417,160

**Gambar 14.** Tiang pancang diameter 0,4 m

3.7. Penulangan tiang pancang diameter 0,4 m

Dalam metode pengangkatan dipilih M_{mak} dan V terbesar untuk kemudian dilakukan perhitungan tulangan longitudinal dan tulangan spiral.

Tabel 23
Metode pengangkatan

Metode pengangkatan dua titik		
	M_{mak} (kN.m)	V (gaya geser) (kN)
Diameter 0,3 m	1,857	2,192
Diameter 0,4 m	1,078	1,644
Metode pengangkatan satu titik		
	M_{mak} (kN.m)	V (gaya geser) (kN)
Diameter 0,3 m	2,187	9,590
Diameter 0,4 m	1,269	9,742

Hasil dari tulangan longitudinal dan tulangan spiral disajikan dalam Tabel 24.

Tabel 24
Tulangan longitudinal dan spiral

	Tul. Longitudinal	Tul. Spiral
Diameter 0,3 m	6 Ø 10	Ø8-30
Diameter 0,4 m	6 Ø 13	Ø10-40

4. KESIMPULAN

1. Kapasitas daya dukung tiang tunggal diperoleh sebesar 1043,044 kN dengan diameter tiang 0,3 m pada revetment atas dan Kapasitas daya dukung tiang tunggal diperoleh sebesar 1774,192 kN dengan diameter tiang 0,4 m pada revetment bawah.
2. Kapasitas daya dukung kelompok tiang diperoleh sebesar 1489,192 kN dengan diameter tiang 0,3 m pada revetment atas dan Kapasitas daya dukung kelompok tiang diperoleh sebesar 3940,673 kN dengan diameter tiang 0,4 m pada revetment bawah.
3. Revetment atas membutuhkan 2 tiang pada diameter 0,3 m dengan dengan kedalaman 7 m dan revetment bawah membutuhkan 6 tiang pada diameter 0,4 m dengan dengan kedalaman 4 m.
4. Tiang pancang menggunakan tulangan longitudinal diameter 10 mm dengan tulangan spiral dengan Ø8-30 mm pada tiang dengan diameter 0,3 m dan tulangan longitudinal diameter 13 mm dengan tulangan spiral dengan Ø10-40 mm pada tiang dengan diameter 0,4 m tulangan

longitudinal masing-masing tiang berjumlah 6 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. (1988). *Foundation Analysis and Design*. 4th Edition, McGraw Hill. New York: Mc-Graw Hill Book Company.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur. *Badan Standarisasi Nas 17272020*. 2020;(8):1-336.
- Geometri Dan, A. (2018). *Jurnal Teknik Sipil Jurnal Teknik Sipil*. 7(2), 26–37.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). Standar Perencanaan Irigasi. *Kementerian Pekerjaan Umum*, 1–253. <https://simantu.pu.go.id/content/?id=83>
- Sardjono, H. S., (1988). *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 1. Surabaya : Sinar Jaya Wijaya.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: ANDI.
- Wiqoyah, Q., & Nugroho, I. S. (2022). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Pada Gedung Perkuliahan Universitas Slamet Riyadi (Variasi Diameter Tiang Pancang). *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 1(1), 28–36. <https://doi.org/10.23917/dts.v1i1.18525>