

EVALUASI STABILITAS DINDING PENGAMAN TEBINGAN SALURAN IRIGASI CADASNGAMPAR RUAS SDN 02 CIKEAS

Rodia Ulfa¹, Nurul Chayati², Feril Hariati³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: rodiaulfa96@gmail.com; nurulais12345@gmail.com;ferilh2k@gmail.com

ABSTRAK

Dinding pengaman tebingan di belakang sekolah SDN 02 Cikeas, Desa Cadasngampar, Kecamatan Sukaraja, mengalami kerusakan pada bagian dasar strukturnya terutama pada bagian yang terkena aliran saluran irigasi di bagian depan dinding penahan tanah. Analisis kekuatan struktur dinding pengaman terhadap stabilitas geser, guling, dan kapasitas daya dukung tanah dilakukan menggunakan metode Rankine. Hasil analisis menunjukkan stabilitas terhadap guling $F_s = 0,2568 < 1,5$ (tidak aman), stabilitas terhadap geser $F_s = 0,5552 < 1,5$ (tidak aman), dan analisis stabilitas daya dukung tanah dibagian tumit didapat $q_{toe} = 531,5066 < q_{all} = 1900,3149$ (aman) dan $q_{heel} = -438,0073$ (tidak aman). Perbaikan dimensi dinding penahan dilakukan mengikuti SNI 8460:2017. Hasil analisis menunjukkan bahwa stabilitas dinding terhadap guling $F_s = 1,7483 > 1,5$ (aman) dan stabilitas dinding terhadap geser $F_s = 1,7721 > 1,5$ (aman), Tegangan tanah di bawah dinding $q_{toe} 158,1605 \text{ kN/m}^2 < q_{all} 4773,3219 \text{ kN/m}^2$ (aman) namun untuk tegangan q_{heel} masih ada sebesar $-48,5119 \text{ kN/m}^2 < 0$ (belum aman). Untuk itu, perlu ditambahkan perkuatan pondasi sumuran berdiameter 80 cm dengan kedalaman 1 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa diperoleh 7 pondasi dengan $f_s = 3$ (aman) dengan jarak konfigurasi 2,35D. Tulangan pada plat kaki tidak diperlukan tulangan geser, untuk tulangan minimal yang diperoleh 5D12 dengan jarak minimal 134 mm atau maksimal 2400 mm, sedangkan pada pondasi sumuran diperoleh tulangan utama 5D12 dan tulangan geser spiral $\varnothing 10-350 \text{ mm}$.

Kata kunci : Metode Rankine, SNI 8460:2017, stabilitas, pondasi sumuran.

ABSTRACT

The cliff guard wall behind the SDN 02 Cikeas school, Cadasngampar Village, Sukaraja District, was damaged at the base of the structure, especially the part affected by the flow of the irrigation canal at the front of the retaining wall. Analysis of the strength of the retaining wall structure on shear stability, overturning, and the bearing capacity of the soil was carried out using the Rankine method. The results of the analysis showed stability to overturning $F_s = 0.2568 < 1.5$ (unsafe), stability to shear $F_s = 0.5552 < 1.5$ (unsafe), and analysis of the stability of the soil bearing capacity at the heel obtained $q_{toe} = 531, 5066 < q_{all} = 1900,3149$ (safe) and $q_{heel} = -438,0073$ (unsafe). The repair of the retaining wall dimensions is carried out according to SNI 8460:2017. The results of the analysis show that the stability of the wall against overturning $F_s = 1.7483 > 1.5$ (safe) and the stability of the wall against shear $F_s = 1.7721 > 1.5$ (safe), the soil stress under the wall $q_{toe} 158.1605 \text{ kN/m}^2 < q_{all} 4773,3219 \text{ kN/m}^2$ (safe) but for q_{heel} voltage there is still $-48,5119 \text{ kN/m}^2 < 0$ (not safe). For this reason, it is necessary to add reinforcement for the foundation of the 80 cm diameter well with a depth of 1 m. The results of the analysis show that there are 7 foundations with $f_s = 3$ (safe) with a configuration distance of 2.35D. Reinforcement on the foot plate does not require shear reinforcement, for the minimum reinforcement obtained is 5D12 with a minimum distance of 134 mm or a maximum of 2400 mm, while in the well foundation, the main reinforcement is 5D12 and spiral shear reinforcement is 10-350 mm.

Key words: Rankine method, SNI 8460:2017, stability, well foundation

1. PENDAHULUAN

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah bangunan yang berfungsi menstabilkan tanah pada kondisi tanah tertentu khususnya untuk areal lereng alam dan lereng buatan serta lereng akibat urugan tanah. Ketika kondisi tanah terganggu akibat beberapa hal tertentu, seperti beban gempa, mesin yang menghasilkan getaran, peledakan, dan air tanah dapat menurunkan sifat fisik dan sifat mekanik parameter tanah, maka akan terjadi kerusakan struktur dan membahayakan jiwa manusia. Meminimalisir kondisi pengaruh yang terjadi tersebut, maka perlu dianalisis kestabilan struktur dinding penahan tanah agar mampu menahan beban horizontal yang terjadi dari tanah dan pengaruh beban luar lainnya (Jack H. Ticoh, Agnes T. Mandagi 2017).

Pada dinding pengaman tebingan yang terletak tepat di bagian belakang bangunan sekolah SDN 02 Cikeas, Desa Cadasngampar, Kecamatan Sukaraja, Kabupaten Bogor telah mengalami kerusakan pada bagian dasar strukturnya terutama pada bagian yang terkena aliran saluran irigasi didepan dinding penahan tanah sehingga perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan dengan menganalisis stabilitas dinding pengaman tebingan saluran irigasi eksisting. Dinding penahan tebingan ini direncanakan untuk menanggulangi kelongsoran yang terjadi di lokasi, dengan menggunakan tipe gravitasi pada perencanaannya. Maka dapat diketahui apakah tipe tersebut sudah sesuai dengan kondisi situasi di lapangan atau tidak. Sebab pada daerah tersebut lokasinya berada pada lereng aliran saluran irigasi. Berdasarkan latar belakang maka tujuan penelitian ini adalah:

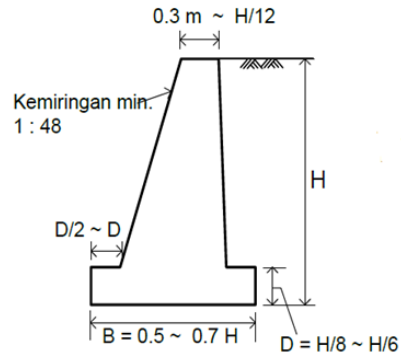
- (1) Mengevaluasi kondisi dan dimensi eksisting dinding pengaman tebingan saluran irigasi.
- (2) Mengevaluasi beban yang bekerja pada dinding pengaman tebingan saluran irigasi.
- (3) Menganalisis kekuatan struktur dinding pengaman tebingan saluran irigasi terhadap stabilitas geser, guling, dan kapasitas daya dukung tanah.
- (4) Merencanakan dimensi dinding penahan tanah dengan mengacu pada SNI 8460:2017 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Landasan teori

Dinding penahan tanah gravitasi, biasanya dibuat dari beton murni (tanpa tulangan) atau

dari pasangan batu kali, walaupun kadang beberapa dibuat dengan beton bertulang namun dengan tulangan yang sedikit. Penggunaan dinding penahan ini biasanya untuk menahan tanah pada lereng yang tidak terlalu tinggi dan pada tepi sungai (SNI 8460:2017). Untuk dimensi dinding penahan gravitasi sesuai SNI 8460:2017 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dinding penahan tanah gravitasi (Sumber: SNI 8460:2017)

Menurut Rankine (1857) menjelaskan bahwa tekanan tanah aktif adalah jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding menjauhi tanah yang ditahan (Hardiyatmo 2014). Koefisien tekanan tanah aktif ditunjukkan pada persamaan (1) sebagai berikut:

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi / 2) \dots\dots\dots (1)$$

Besarnya gaya horizontal pada dinding penahan tanah setinggi H ditunjukkan pada persamaan (2) berikut ini:

$$P_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2 \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- H = Tinggi total DPT [m],
- K_a = Koefisien tekanan tanah,
- P_a = Beban merata tambahan [kN.m],
- φ = Sudut geser tanah [°], dan
- γ = Berat jenis tanah [kN/m³].

2.2 Metode penelitian

Metode *Rankine* untuk menghitung dalam keadaan statis (normal). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data primer dan data skunder

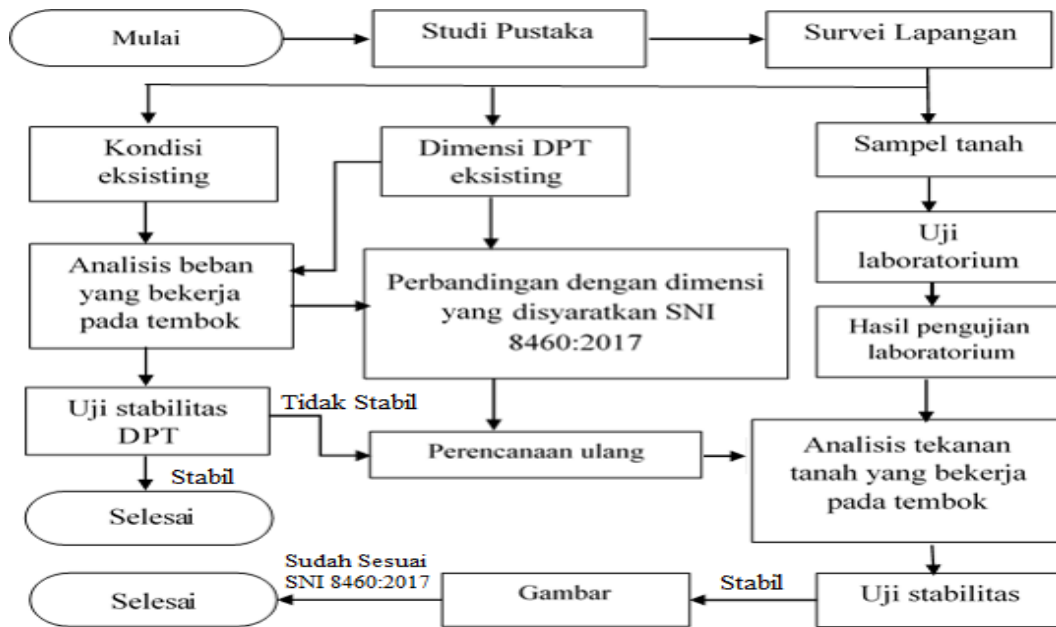
- (1) Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara mengukur dinding penahan eksisting dan mengukur lebar dan kedalaman sungai, data yang dihasilkan berupa dimensi dinding penahan eksisting dan lebar dan kedalaman sungai.
- (2) Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah dilokasi penelitian yang selanjutnya di uji di laboratorium mekanika tanah, data yang dihasilkan berupa hasil pengujian berat volume tanah, berat jenis tanah, dan geser langsung tanah.

2.3 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di 2 lokasi, pengukuran dimensi dinding penahan tebingan saluran irigasi

2.4 Bagan alir penelitian

Tahapan pelaksanaan studi dapat berupa diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 2

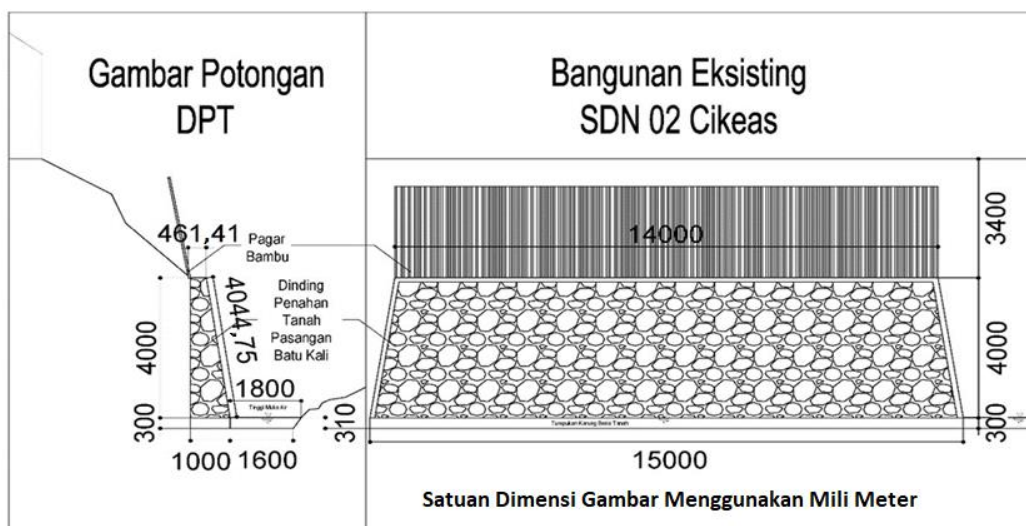


Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi kondisi dan dimensi dinding pengaman tebingan saluran irigasi

Hasil pengukuran bangunan eksisting ditunjukkan pada Gambar 3.



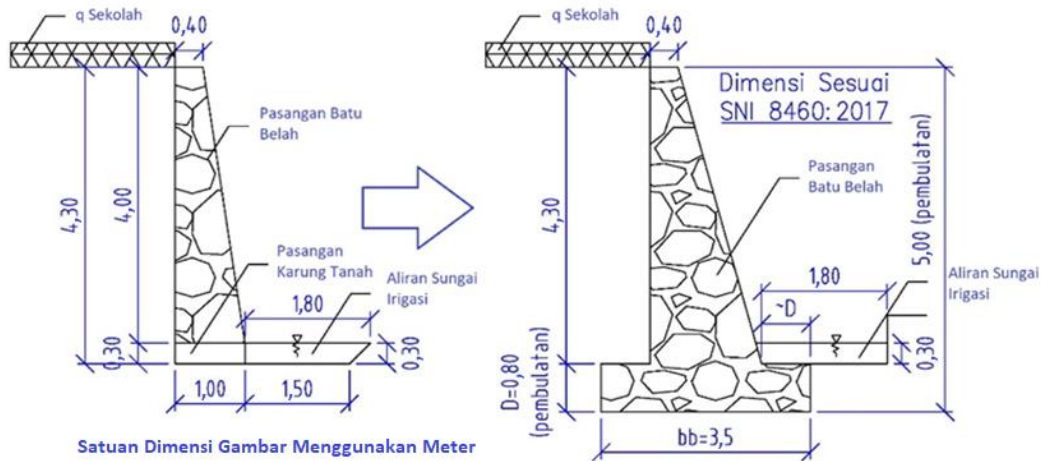
Gambar 3. Hasil pengukuran bangunan eksisting

Kondisi di lapangan terdapat kerusakan pada bagian dasar struktur dinding pengaman tebingan saluran irigasi, dengan bagian

dasarnya mengalami penggerusan (*scoring*). Adapun bagian dasar dinding pengaman terdiri dari susunan karung yang berisikan

tanah berpasir, di atas susunan karung yang berisikan tanah berpasir tersebut, pasangan batu kali pada dinding pengaman terlihat retak dan terlepas dari susunannya. Berdasarkan kondisi tersebut, evaluasi untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan maka

dilakukan perbandingan dimensi dinding penahan tanah eksisting dengan dimensi sesuai peraturan SNI 8460:2017. Evaluasi dimensi eksisting ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Evaluasi dimensi eksisting sesuai SNI

Perbandingan dimensi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan dimensi

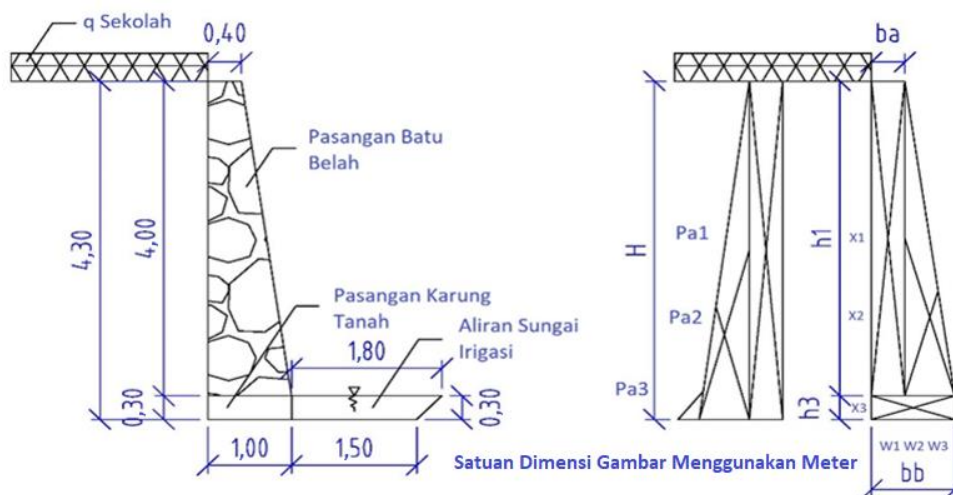
No	Keterangan	Dimensi eksisting	Dimensi SNI8460:2017	Sesuai	Tidak sesuai
(1)	Tinggi total (H)	4,3 m	4,3 m	✓	
(2)	Lebar plat lantai (bb)	1 m	0,5-3,5 m	✓	
(3)	Lebar bagian puncak (ba)	0,4 m	0,3-0,358 m		✓
(4)	Tebal kaki dan tumit (D)	0,3 m	0,537-0,716 m		✓
(5)	Lebar plat depan DPT (D)	-	0,358-0,716 m		✓

Sehingga dapat diketahui ketidak sesuainya dimensi dinding pengaman eksisting dengan dimensi sesuai SNI 8460:2017. Karena tidak adanya plat di depan dinding pengaman eksisting

mengakibatkan aliran saluran irigasi di depan dinding langsung menggerus pada struktur bawah dinding pengaman tebingan saluran irigasi.

3.2 Menganalisis beban yang bekerja pada dinding penahan tebingan eksisting

Dimensi eksisting ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. dimensi eksisting

Evaluasi stabilitas dinding pengaman tebingan saluran irigasi dengan tipe gravitasi, dibutuhkan data geoteknik dan beban merata yang bekerja pada dinding penahan tanah. Data geoteknik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data geoteknik

(1)	Berat jenis tanah basah (γ_w)	20,2017 kN/m ³
(2)	Berat jenis tanah kering (γ_d)	18,6326 kN/m ³
(3)	Berat jenis air sungai (γ_{air})	9,81 kN/m ³
(4)	Berat jenis batu belah (γ_{batu})	14,7 kN/m ³
(5)	Sudut geser dalam tanah (ϕ)	36,88°
(6)	Kohesi tanah (c)	6,2762 kN/m ²
	beban merata sekolah (q) (SNI 1727:2013)	6,71 kN/m ²

1) Koefisien tekanan tanah aktif (K_a)

$$K_a = \tan^2 (45 - 36,88/2) = 0,25$$

2) Analisis tekanan tanah aktif

- a. Akibat beban merata di atas tanah (Pa_1)

$$H_s = 6,71/18,6326 = 0,3602$$

$$Pa_1 = 0,25 * 18,6326 * 0,3602 * 4,3 = 7,2148 \text{ kN.m}$$

- b. Akibat tanah di belakang dinding (Pa_2)

$$Pa_2 = \frac{1}{2} * 0,25 * 18,6326 * 4,3 * 4,3 = 43,0646 \text{ kN.m}$$

- c. Akibat muka air tanah di belakang

dinding (Pa_3) Tinggi muka air tanah dianggap sama dengan tinggi muka air sungai

$$Pa_3 = \frac{1}{2} * 0,25 * 20,2017 * 0,3 * 0,3 = 0,2427 \text{ kN.m}$$

3) Analisis berat sendiri DPT

- a. Berat penahan

$$w_1 = (4 * 0,4) * 14,7 = 23,52 \text{ kN}$$

$$w_2 = (1/2 * 0,6 * 4) * 14,7 = 17,64 \text{ kN}$$

$$w_3 = (1 * 0,3) * 18,6326 = 5,5897 \text{ kN}$$

$$R = 23,52 + 17,64 + 5,5897 = 46,7497$$

- b. Jarak beban terhad titik pusat, 0

$$x_1 = \frac{1}{2} * 0,4 = 0,2 \text{ m}$$

$$x_2 = 0,4 + (1/2 * 1 - 0,4) = 0,7 \text{ m}$$

$$x_3 = \frac{1}{2} * 1 = 0,5 \text{ m}$$

3.3 Menganalisis stabilitas dinding penahan tebingan eksisting

1) Analisis stabilitas terhadap guling

Stabilitas struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan membandingkan jumlah momen-momen yang menyebabkan guling dengan jumlah momen perlawanan guling. Untuk dinding gravitasi momen penyebab guling berasal dari tekanan-tekanan tanah, dan momen perlawanan guling berasal dari berat sendiri konstruksi.

- a. Cek momen penggulingan (m_o)

$$\begin{aligned}
 M_o &= (7,2148 * 4,3/2) + (43,0646 \\
 &* 4,3/3) + (0,2427 * 0,31/3) \\
 &= 77,2628 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

b. Momen penahan (mb)

$$\begin{aligned}
 w1 * x1 &= 23,52 * 0,2 \\
 &= 4,704
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w2 * x2 &= 17,64 * 0,7 \\
 &= 12,348
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w3 * x3 &= 5,5897 * 0,5 \\
 &= 2,7948
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= 4,704 + 12,348 + 2,7948 \\
 &= 19,8468 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

c. Cek terhadap faktor keamanan guling (fs=1,5)

$$\begin{aligned}
 F_s &= 19,8468 / 77,2628 \text{ kN.m} \\
 &= 0,2568 < 1,5 \text{ (tidak aman)}
 \end{aligned}$$

2) Analisis stabilitas terhadap geser

Menurut Suryolelono (1994) menjelaskan gaya aktif tanah (Pa) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser. Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar pondasi. Akibat gaya-gaya lateral seperti tekanan tanah aktif Pa yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya-gaya lateral Pa tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif Pp dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah (τ) (M. Iksan Sainudin 2021).

a. Gaya geser (vo)

$$\begin{aligned}
 V_o &= 7,2148 + 43,0646 + \\
 &0,2427 \\
 &= 50,5221 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Gaya penahan (vb)

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0,6 * 46,7497 \\
 &= 28,0498 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Cek terhadap geser (fs=1,5)

$$\begin{aligned}
 F_s &= 28,0498 / 50,5221 \\
 &= 0,5552 < 1,5 \text{ (tidak aman)}
 \end{aligned}$$

3) Analisis stabilitas daya dukung tanah

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi penurunan tanah.

a. kapasitas ultimate (Qult)

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= (62,7626 * 55,63 * 1,0514 * \\
 &1,124 * 1) + \\
 &(12,1847 * 42,92 * 1,0499 * 1,0 \\
 &743 * 1) + \\
 &(0,5 * 18,6326 * 2,4562 * \\
 &53,27 * 0,9735 * 1 * 1) \\
 &= 5700,9449 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Menghitung kapasitas allowable (Qall)

$$\begin{aligned}
 F_s &= 3 \\
 Q_{all} &= 5700,9449 / 3 \\
 &= 1900,3149 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

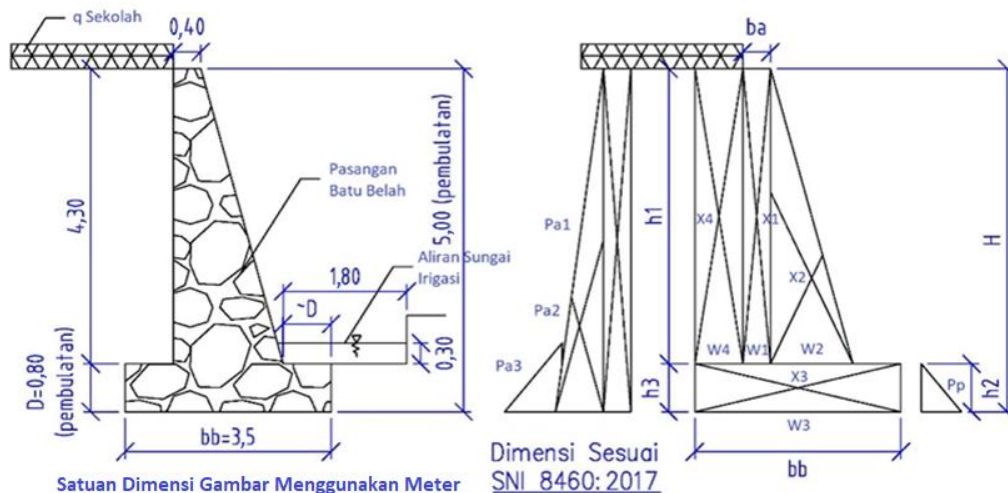
c. Cek tegangan tanah di bawah dinding

$$\begin{aligned}
 q_{toe} &= (46,7497 / 1) * (1 + (6 * \\
 &1,7282) / 1) \\
 &= 531,5066 < 1900,3149 \text{ N/m}^2 \\
 &= < Q_a \text{ (hasil aman)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{heel} &= (46,7497 / 1) * (1 - (6 * \\
 &1,7282) / 1) \\
 &= -438,0073 < 0 \text{ (hasil tidak aman)}
 \end{aligned}$$

3.4 Desain rencana perbaikan dinding penahan tebingan sesuai SNI 8460:2017

Dimensi DPT sesuai SNI 8460:2017 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Dimensi DPT sesuai SNI

Dimensi sesuai SNI 8460:2017 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi sesuai SNI

(1)	Tinggi permukaan tanah DPT (h1)	4,3 m
(2)	Tinggi air di depan dinding (h2)	0,3 m
(3)	Tebal telapak (h3)	0,8 m
(4)	Tinggi total (H)	5 m
(5)	Tebal dinding atas (ba)	0,4 m
(6)	Tebal dinding bawah (bb)	3,5 m
(7)	Panjang total (L)	15 m

1) Analisis tekanan tanah aktif

- a. Akibat beban merata di atas tanah (Pa1)

$$h_s = 6,71 / 18,6326 = 0,3602$$

$$Pa_1 = 0,25 * 18,6326 * 0,3602 * 5 = 8,3893 \text{ kN.m}$$

- b. Akibat tanah di belakang dinding (Pa2)

$$Pa_2 = \frac{1}{2} * 0,25 * 18,6326 * 5 * 5 = 58,2268 \text{ kN.m}$$

- c. Akibat muka air tanah di belakang dinding (Pa3)

Tinggi muka air tanah dianggap sama dengan tinggi muka air sungai

$$Pa_3 = \frac{1}{2} * 0,25 * 20,2017 * 0,3 * 3 = 0,2273 \text{ kN.m}$$

2) Analisis tekanan tanah pasif

- a. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2 (45 + 36,88 / 2) = 4$$

$$P_p = \frac{1}{2} * 4 * 20,2017 * 0,7 * 0,7 = 19,7976$$

3) Analisis berat sendiri DPT

- a. Berat penahan

$$W_1 = (4,3 * 0,4) * 14,7 = 25,284 \text{ kN}$$

$$W_2 = (\frac{1}{2} * (3,5 - 0,8 - 0,4 - 0,8) * 4,3) * 14,7 = 47,4075 \text{ kN}$$

$$W_3 = (3,5 * 0,8) * 14,7 = 41,16 \text{ kN}$$

$$W_4 = (4,3 * 0,8) * 14,7 = 50,568 \text{ kN}$$

$$R = 25,284 + 47,4075 + 41,16 + 50,568 = 164,4195 \text{ kN}$$

- b. Jarak beban terhadap titik pusat, 0

$$X_1 = (\frac{1}{2} * 0,4) + 0,8 = 1 \text{ m}$$

$$X_2 = 0,8 + 0,4 + (\frac{1}{2} * (3,5 - 0,8 - 0,4 - 0,8)) = 1,95 \text{ m}$$

$$X_3 = \frac{1}{2} * 3,5 = 1,75 \text{ m}$$

$$X_4 = \frac{1}{2} * 0,8 = 0,4 \text{ m}$$

4) Analisis stabilitas terhadap guling

- a. Cek momen penggulingan (mo)

$$M_o = (8,3893 * 5/2) + (58,2268 * 5/3) + (0,2273 * 5/3) = 118,3967 \text{ kN.m}$$

- b. Momen penahan (mb)

$$w_1 * x_1 = 25,284 * 1 = 25,284$$

$$w_2 * x_2 = 47,4075 * 1,95 = 92,4446$$

$$w_3 * x_3 = 41,16 * 1,75 = 72,03$$

$$w_4 * x_4 = 50,568 * 0,4 = 20,2272$$

$$M_b = 25,284 + 92,4446 + 72,03 + 20,2272 = 209,9858 \text{ kN.m}$$

- c. Cek terhadap faktor keamanan guling (fs=1,5)

$$F_s = 209,9858 / 118,3967 = 1,7483 > 1,5 \text{ (hasil aman)}$$

5) Analisis stabilitas terhadap geser

- a. Gaya geser (vo)

$$V_o = 8,3893 + 58,2268 + 0,2273 = 66,8434 \text{ kN}$$

- b. Gaya penahan (vb)

$$V_b = 0,6 * 164,4195 + 19,7976 = 118,4484 \text{ kN}$$

- c. Cek terhadap geser (fs=1,5)

$$F_s = 118,4484 / 66,8434 = 1,7721 > 1,5 \text{ (hasil aman)}$$

6) Analisis stabilitas daya dukung tanah

- a. Menghitung kapasitas ultimate (Qult)

$$Q_{ult} = (62,7626 * 55,63 * 2,0015 * 1,0343 * 1) + (73,3791 * 42,92 * 1,9803 * 1,0205 * 1) + (0,5 * 18,6326 * 1,6142 * 53,27 * 0,908 * 1 * 1) = 14319,9658 \text{ kN/m}^2$$

- b. kapasitas allowable (Qall)

$$f_s = 3$$

$$Q_{all} = 14319,9658 / 3 = 4773,3219 \text{ kN/m}^2$$

- c. Cek tegangan tanah di bawah dinding

$$\begin{aligned}
 q_{\text{toe}} &= (164,4195 / 3) * (1 + (6 * 0,9429) / 3) \\
 &= 158,1605 \text{ kN/m}^2 < 4773,32 \\
 &\quad 19 \text{ kN/m}^2 \text{ (hasil aman)} \\
 q_{\text{heel}} &= (164,4195 / 3) * (1 - (6 * 0,9429) / 3) \\
 &= -48,5119 \text{ kN/m}^2 < 0 \\
 &\quad \text{(mendekati 0, namun belum aman)}
 \end{aligned}$$

7) Analisis pondasi perkuatan untuk rencana perbaikan DPT

Untuk Standard Penetration Test (SPT) nilai N diperoleh berdasarkan tabel hubungan kepadatan relatif $c = 62,7626 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 36,88$ dan N, kepadatan relatif masuk pada kategori sedang, dengan nilai N sebesar 10-30, untuk hitungan digunakan N sebesar 30.

- Tegangan tanah dibawah DPT
Berdasarkan analisis tegangan tanah dibawah DPT pada q_{heel} adalah $-46,5119 \text{ kN/m}^2$ lebih kecil (<) dari 0 (nol) sehingga kapasitas pondasi direncanakan agar mampu menahan kelebihan tegangan tanah dibawah DPT sebesar q_{hell} .
- Analisis kapasitas pondasi sumuran cara Meyerhof (1977)
- Direncanakan ukuran pondasi menggunakan pondasi sumuran $D = 80 \text{ cm}$, dengan panjang 1 m dan jarak konfigurasi antara pondasi $2,5D-3D$ sedangkan lebar keluar $0,5D$. Daya dukung ujung pondasi (end bearing) berdasarkan data pengujian SPT dihitung dengan persamaan Meyerhof (Bowles, 1997) dasar $N-SPT$ q_p adalah $7 * N$ (t / m^2) lebih kecil (<) 400 (t / m^2) dan τ rata-rata $0,20$ (ton/m^2).

- Menghitung luas pondasi sumuran

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi * r^2 \\
 &= 3,14 * \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Menghitung daya dukung akibat adhesi tanah (friction)

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 0,5024 * 30 * 0,20 \\
 &= 3,0144 \text{ ton (konversi ke kN)} \\
 &= 29,5612 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung daya dukung pada dasar tiang (end bearing)

$$\begin{aligned}
 Q_b &= 0,5024 * (7 * 30) \\
 &= 105,504 \text{ ton (konversi ke kN)} \\
 &= 1034,64 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas ultimate pondasi

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ult}} &= 29,5612 + 1034,64 \\
 &= 1064,2012 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kapasitas allowable pondasi

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{all}} &= \frac{1064,2012 \text{ kN}}{3} \\
 &= 354,7337 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jumlah dan konfigurasi pondasi sumuran

Konfigurasi pondasinya adalah:

$$\text{Luas dimensi bawah} = 3,5 * 15$$

DPT

$$= 52,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Tegangan total } q_{\text{heel}} = 52,5 * (-48,5119 \text{ kN})$$

$$= -2546,8747 \text{ kN}$$

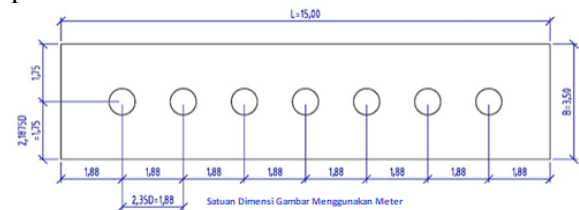
Jumlah pondasi

$$= \frac{2546,8747 \text{ kN}}{354,7337 \text{ kN}}$$

$$= 7 \text{ pondasi}$$

sumuran

Konfigurasi pondasi pada DPT ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Konfigurasi Pondasi pada DPT

Dengan desain perbaikan DPT ini, konfigurasi diperoleh dengan 7 pondasi sumuran dan f_s yang diperoleh tercapai 3 sehingga untuk selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan tulangnya.

8) Analisis kebutuhan tulangan plat dan pondasi sumuran

Dalam menentukan tulangan plat dan pondasi sumuran, perhitungan dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 03-2847:2002. Direncanakan tulangan utama menggunakan D16 mm dan tulangan geser $\phi 10 \text{ mm}$, adapun urutan perhitungannya sebagai berikut:

- Menghitung kebutuhan tulangan plat

- Menghitung momen dan geser terfaktor pada potongan A-A

Bila y adalah kedalaman dari permukaan dinding penahan tanah, maka momen terfaktor yang bekerja pada dinding vertikal adalah:

$$\begin{aligned}
 M_U &= 0,5 \gamma y^2 K_a \left(\frac{y}{3}\right) (1,2) + \\
 &\quad 0,5 q y^2 K_a (1,6) \\
 &= 0,5 * 14,7 * 4,3^2 * 0,25 * \left(\frac{4,3}{3}\right) * (1,2) \\
 &\quad + 0,5 * 6,71 * 4,3^2 * 0,25 * (1,6) \\
 &= 83,2512 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

gaya geser terfaktor didapatkan:

$$\begin{aligned}
 V_U &= 0,5 \gamma y K_a (1,2) + q y K_a (1,6) \\
 &= 0,5 * 14,7 * 4,3 * 0,25 * (1,2) + \\
 &\quad 6,71 * 4,3 * 0,25 * (1,6) \\
 &= 52,3116 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- b) Menghitung momen dan geser terfaktor pada potongan B-B
 x pada potongan A-A, $x = 3 - 0,7 = 2,3$ m
 q pada potongan A-A: $q_{\text{hell}} + ((2,3)/3) * (q_{\text{toe}} - q_{\text{heel}})$
 $= (-46,5119) + (0,7667) * (136,0267 - (-46,5119))$
 $= 93,4344 \text{ kN/m}^2$
 Gaya momen $M_u = \text{reaksi tanah} + \text{berat pelat} + \text{berat tanah} + \text{berat q}$
 $M_u = (116,8261) * 0,5 * 2,7^2 / 3$
 $= -141,9437$
 $+ (2,7 * 0,8 * 14,7) * 0,5 * 1$
 $= 19,0512$
 $+ (2,7 * 4,3 * 18,6326) * 0,5 * 1,2$
 $= 129,7946$
 $+ (2,7 * 6,71) * 0,5 * 1,6$
 $= 14,4936$
 $= 21,6375 \text{ kN}$
 Gaya geser $V_u = \text{reaksi tanah} + \text{berat pelat} + \text{berat tanah} + \text{berat q}$
 $V_u = (116,8261) * 0,5 * 2,7$
 $= -157,7152$
 $+ (0,8 * 14,7 * 1,2) * 2,7$
 $= 38,1024$
 $+ (4,3 * 18,6326 * 1,2) * 2,7$
 $= 259,5893$
 $+ (6,71 * 1,6) * 2,7$
 $= 28,9872$
 $= 168,9637 \text{ kN}$
- c) Kebutuhan tulangan geser plat pada potongan B-B
 $d = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \text{diameter tulangan}$
 $= 800 - 50 - 16$
 $= 734 \text{ mm}$
 Kuat geser beton V_c
 $V_c = (1/6 \sqrt{f_c'}) b w d$
 $= (1/6 \sqrt{25}) * 800 * 734$
 $= 489333,3333 \text{ N}$
 $= 489,3333 \text{ kN}$
 $\phi V_n = \phi V_c = 0,75 * 489,3333$
 $= 366,9999 \text{ kN}$
 $\phi V_n = \phi V_c > V_u 168,9637$, maka pada plat arah horizontal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum
- d) Jumlah tulangan minimum per meter plat potongan B-B
 Menurut SNI 03-2847:2002 Pasal 9.12 batasan rasio penulangan ρ_{min} sebesar 0,0020, maka didapatkan
 $A_s \text{ perlu} = 0,0020 * 800 * 734$
 $= 1174,4 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi D^2} = \frac{1174,4}{\frac{1}{4} \pi 16^2}$$

$$= 5,8 \text{ diambil } 6 \text{ batang tulangan } D16$$

e) Jarak antar tulangan plat potongan B-B
 $S = \frac{800}{n} = \frac{800}{6} = 134 \text{ mm}$

$$S_{\text{max}} = 3 \times 800 = 2400 \text{ mm}$$

- b. Menghitung kebutuhan tulangan pondasi

- a) Menghitung tebal efektif pondasi

$$D = 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$d' = \text{selimut beton} + 0,5 \times D \times \phi$$

$$d' = 50 + 0,5 \times 16 \times 10 = 68 \text{ mm}$$

$$d (\text{efektif}) = 800 - 68 = 732 \text{ mm}$$

- b) Menghitung luas penampang pondasi

$$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 800^2$$

$$= 502.400 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847:2002 Pasal 9.12 batasan rasio penulangan ρ_{min} sebesar 0,0020, maka didapatkan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= 0,0020 \times \frac{3,14 \times 732^2}{4}$$

$$= 841,2437 \text{ mm}^2$$

- c) Menghitung kebutuhan tulangan utama pondasi $D=16$

$$A_s \text{ tulangan utama} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{841,2437}{200,96}$$

4,2 diambil 5 batang tulangan

Jumlah tulangan utama yang diperoleh untuk pondasi sumuran adalah 5D16. Luas total penampang tulangan untuk 1 pondasi

$$A_{st} : 5 \times A_s = 5 \times 200,96 = 1004,8 \text{ mm}^2$$

- d) Menghitung beban aksial minimum tulangan untuk 1 pondasi

$$\phi P_n = 0,85 \phi (0,85 f_c' (A_g - A_{st}))$$

$$(\text{maks}) + (f_y \times A_{st})$$

$$= 0,85 \times 0,70 (0,85 \times 20,75 \times$$

$$(502.400 - 1004,8) +$$

$$(300 \times 1004,8))$$

$$= 5441154,7148 \text{ N}$$

$$= 5441,1547 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,70 \times 5441,1547$$

$$(\text{maks})$$

$$= 3808,8083 \text{ kN} > (-$$

$$2546,8747 \text{ kN/7 pondasi})$$

$$= 3808,8083 \text{ kN} > (-363,8392$$

$$\text{kN}) (\text{tulangan utama aman})$$

e) Menghitung kuat geser nominal

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{(-116,8261) \cdot 0,5 + 1,5 + (0,8 \cdot 14,7 \cdot 1,2) \cdot 1,5 + (4,3 \cdot 18,6326 \cdot 1,2) \cdot 1,5 + (6,71 \cdot 1,6) \cdot 1,5}{0,75}$$

$$= \frac{-87,6195 + 21,168 + 144,2163 + 16,104}{0,75}$$

$$= 93,8688 \text{ kN}$$

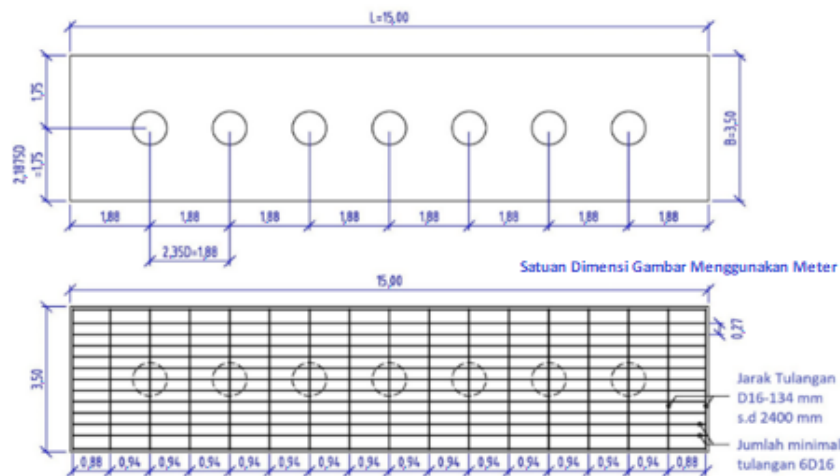
f) Menghitung gaya geser pada beton

$$V_c = 1/6 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{164,4195}{14 \cdot 502,400} \right) \cdot \sqrt{25} \cdot 800 \cdot 732$$

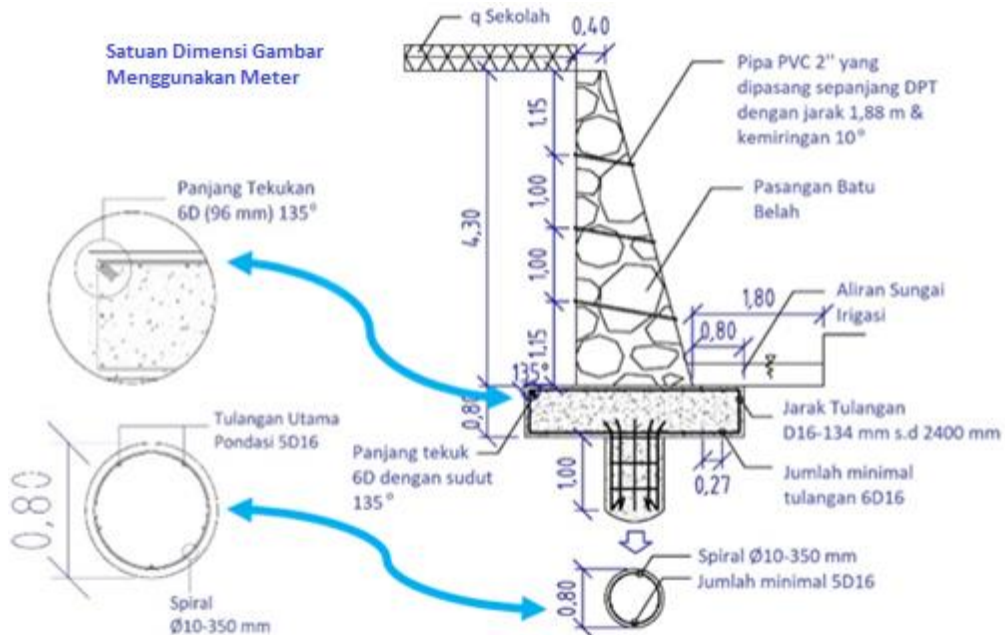
$$= 499 \text{ kN}$$

karena nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka pondasi sumuran tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum. Dengan luas tulangan yang di pakai $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 200,96 \text{ mm}^2$ dan jarak antar tulangan sebesar $S = \frac{732}{2} = 366 \text{ mm}^2 \sim 350 \text{ mm}^2$. Maka, tulangan geser spiral dipakai adalah $\text{Ø}10\text{-}350$. Perencanaan kebutuhan tulangan pada potongan A-A ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perencanaan kebutuhan tulangan pada potongan A-A

Perencanaan kebutuhan tulangan pada potongan B-B ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Perencanaan kebutuhan tulangan pada potongan B-B

4. KESIMPULAN

Analisis stabilitas dinding pengaman tebingan saluran irigasi yang berada di belakang bangunan sekolah SDN 02 Cikeas, Desa

Cadasngampar, Kecamatan Sukaraja, Kabupaten Bogor, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kondisi di lapangan terdapat kerusakan pada bagian dasar struktur dinding pengaman tebingan saluran irigasi, dengan bagian dasarnya mengalami penggerusan (*scoring*). Berdasarkan kondisi tersebut maka dilakukan perbandingan dimensi dinding penahan tanah eksisting dengan dimensi sesuai SNI 8460:2017 dengan H setinggi eksisting maksimal diperoleh lebar plat (bb)= 3 m, lebar bagian puncak (ba) 0,3583 m, tebal kaki tumit (D)= 0,7 m, dan lebar plat dinding penahan tebingan (D)= 0,7 m dan penyebab penggerusan dinding penahan tebingan dikarenakan tidak adanya plat didepan dinding penahan tebingan eksisting sehingga disimpulkan akibat kerusakan struktur bawah didepan dinding pengaman eksisting akibat Bentuk dan dimensi eksisting tidak sesuai dengan SNI 8460:2017
- 2) Beban yang bekerja pada dinding pengaman tebingan eksisting akibat tekanan tanah aktif beban merata di atas tanah (Pa_1) 7,2148 kN.m, akibat tanah di belakang dinding (Pa_2) 43,0646 kN.m, dan akibat muka air tanah dibelakang dinding (Pa_3) 0,2427 kN.m.
- 3) Evaluasi dinding pengaman tebingan eksisting hanya memperhitungkan dalam kondisi statis dengan menggunakan metode Rankine. Setelah dilakukan perhitungan stabilitas didapat stabilitas terhadap guling $F_s = 0,2568 < 1,5$ (hasil tidak aman), stabilitas terhadap geser $F_s = 0,5552 < 1,5$ (hasil tidak aman), dan analisis stabilitas daya dukung tanah didapat $q_{toe} = 531,5066 < Q_{all} = 1900,3149$ (hasil aman) dan $q_{heel} = -438,0073$ (hasil tidak aman)
- 4) Selanjutnya dilakukan rencana perbaikan dinding penahan sungai sesuai SNI 8460:2017. Direncanakan dengan Tinggi (H)= 5 m, lebar atas (ba)= 0,4 m, lebar bawah (bb)=3,5 m, tebal kaki tumit (D)= 0,8 m, dan lebar plat dinding penahan tebingan (D)= 0,8 m. Stabilitas dinding terhadap guling f_s menjadi 1,7483 $> 1,5$ (aman) dan stabilitas dinding terhadap geser f_s menjadi 1,7721 $> 1,5$ (aman). Untuk tegangan tanah di bawah dinding q_{toe} 158,1605 kN/m² $< Q_{all}$ 4773,3219 kN/m² (aman) namun untuk tegangan q_{heel} masih ada sebesar -48,5119 kN/m² < 0 (mendekati 0, namun belum aman). Untuk menambah kekuatan direncanakan dengan pondasi

sumuran diameter 80 cm dan kedalamannya 1 m diperoleh sebanyak 7 pondasi dengan f_s 3 (aman) dan jarak konfigurasi 2,35D. Untuk kebutuhan tulangan pada plat kaki tidak diperlukan tulangan geser, untuk tulangan minimal yang diperoleh 5D12 dengan jarak minimal 134 mm atau maksimal 2400 mm, sedangkan pada pondasi sumuran diperoleh tulangan utama 5D12 dan tulangan geser spiral $\varnothing 10$ -350 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional; 2002. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)", SNI 03-2847-2002. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional; 2017. "Persyaratan Perancangan Geoteknik", SNI 8460-2017. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional; 2013. "beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain", SNI 1727-2013. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bowles, J.E. (1997). *Foundation Analysis and Design fifth edition*. Mc Graw Hill
- Fadli, M., Hariati, F., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2021). Perlindungan Tebing Sungai Ciliwung dengan Dinding Kantilever Ruas Kampung Legok Nyenang, Kabupaten Bogor. *Jurnal Komposit*, 5(1), 17-23
- Hardiyatmo, HC 2014, Analisis dan Perancangan Fondasi 1 (*edisi ketiga*), Yogyakarta, Gadjadara University Press.
- Kalalo, M., Ticoh, J. H., & Mandagi, A. T. (2017). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara). *Jurnal Sipil Statik*, 5(5).
- Nur, O. F., & Hakam, A. (2010). Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 6(2), 41. <https://doi.org/10.25077/jrs.6.2.41-54.2010>
- Pane, E. P., Muhamad, I. N., & Wiadnya, D. (2020). Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Pondasi Tiang Bor Studi Kasus Tower PLN SUTT 150KV No.71 Di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar. *Prosiding*

Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan VII, 12(November), 126–130.

Sainudin, M. I. (2021). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Laboratorium*

Terpadu Institut Teknologi Kalimantan (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).