

Studi Alternatif Penggunaan Dinding Penahan pada DPT Kanan Intake Dam Genduk *Alternative Study of the Use of Retaining Wall on Right DPT Intake Dam Genduk*

Mita Syeirliana¹⁾, Totok Dwi Kuryanto²⁾, Arief Alihudien³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: syeirliana@gmail.com

²⁾Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: totok_dk@yahoo.com

³⁾Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berjudul “Studi Alternatif Penggunaan Dinding Penahan pada DPT Kanan Intake Dam Genduk” tujuannya untuk mengetahui alternatif penggunaan dinding penahan yang berada di Bendungan Genduk terletak di Desa Glagahwero, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. Bendungan Genduk terletak di Desa Glagahwero, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember, sesuai koordinat geografisnya. Tujuan dari pembangunan bendungan ini adalah untuk menaikkan permukaan Sungai Genduk pada musim kemarau sehingga masyarakat dapat memanfaatkannya untuk mengairi lahan pertanian mereka. Terdapat 87 hektare sawah yang tersebar di dua desa yang tidak dapat diairi oleh bendungan ini. DAM yang dapat mengairi sawah yang berada di 2 desa yaitu Desa Glagahwero kecamatan Panti dan Desa Gugut kecamatan Rambipuji. DAS ini mempunyai panjang sungai sekitar 7.90 km, dan lebar sungai sekitar 36 m. Data berikut dikumpulkan untuk proyek penelitian ini berdasarkan tinjauan literatur. Untuk menentukan kontruksi dinding penahan yang sesuai dengan tanah di lapangan data yang diperoleh dari uji laboratorium berupa data sondir dan data hasil uji lapangan yang berupa daya boring. Sejumlah kesimpulan mengenai pemeriksaan tembok penahan tanah di sekitar Bendungan Genduk Panti dapat diambil dari temuan penyelidikan pada pembahasan di atas. Tiga analisis yang digunakan untuk mengkaji perencanaan dinding penahan tanah adalah analisis hidrologi, hidrolis, dan geoteknik. Perencanaan dinding penahan tanah memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap ketiga analisa tersebut.

Keywords: Dinding Penahan, DPT Kanan Intake

Abstract

This research is entitled "Study of Alternative Use of Retaining Walls at the Right DPT Intake of Genduk Dam" with the aim of finding out alternative uses for retaining walls at Genduk Dam located in Glagahwero Village, Panti District, Jember Regency. The aim of building this dam is to raise the level of the Genduk River during the dry season so that people can use it to irrigate their agricultural land. There are 87 hectares of rice fields spread across two villages that cannot be irrigated by this dam. The DAM can irrigate rice fields in 2 villages, namely Glagahwero Village, Panti subdistrict and Gugut Village, Rambipuji subdistrict. This watershed has a river length of around 7.90 km, and a river width of around 36 m. The following data was collected for this research project based on a literature review. To determine which retaining wall construction is suitable for the soil in the field, data obtained from laboratory tests are in the form of sondir data and data from field tests in the form of boring power. A number of conclusions regarding the inspection of the retaining walls around the Genduk Panti Dam can be drawn from the findings of the investigation in the discussion above. The three analyzes used to study retaining wall planning are hydrological, hydraulic and geotechnical analysis. Planning a retaining wall requires careful consideration of these three analyses.

Keywords: *Keywords: Retaining Wall, DPT Right Intake*

1. PENDAHULUAN

Dinding penahan tanah dibangun dengan tujuan untuk menjaga kestabilan tanah pada kondisi tertentu, khususnya pada daerah lereng alami dimana perubahan komposisi tanah mempunyai dampak (Utara et al., 2017). Struktur konstruksi yang disebut dinding penahan dirancang untuk mencegah pergeseran atau keruntuhan tanah di daerah dengan kemiringan yang curam (Ramadhani, 2010).

Mengingat pentingnya kondisi tanah dalam perencanaan, maka faktor stabilitas tanah harus diperhitungkan. Membangun dinding penahan tanah merupakan salah satu cara yang efisien untuk memerangi dan menjaga stabilitas tanah guna mencegah terjadinya tanah longsor dan keruntuhan. Selain itu, dinding penahan berfungsi untuk mengatur tekanan lateral yang mungkin timbul akibat pengisian tanah.

Konstruksi dinding penahan tanah harus didasarkan pada analisis kestabilan yang cermat dan memprioritaskan aspek keselamatan. Kegagalan perencanaan proses pembangunan dinding penahan tanah bisa memiliki konsekuensi serius, termasuk kerugian finansial, cedera bahkan kematian.

Pada dinding penahan di saluran Dam Genduk ini sudah menggunakan pasangan batu kali, tetapi dengan adanya aliran sungai yang sangat deras sehingga dapat menggerus tanah di bibir sungai yang berpotensi dapat mengalami kerusakan pada dinding penahan.



Gambar 1. Kerusakan Dinding Penahan Tanah
Sumber: Dam Genduk Panti

Bendungan Genduk terletak di Desa Glagahwero, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember, sesuai koordinat geografisnya. Tujuan dari pembangunan bendungan ini adalah untuk menaikkan permukaan Sungai Genduk pada musim kemarau sehingga masyarakat dapat memanfaatkannya untuk mengairi lahan

pertanian mereka. Terdapat 87 hektare sawah yang tersebar di dua desa yang tidak dapat diairi oleh bendungan ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari keadaan dan pergerakan air di alam. Bidang studi ini mengkaji bentuk air cair, padat, dan gas yang ada di atmosfer di atas dan di bawah permukaan planet. Hal ini juga berlaku untuk air laut, sumber daya dan sarana penyimpanan gas air yang diperlukan untuk kehidupan di Bumi. Dalam kerangka perencanaan teknis infrastruktur perairan, seorang ahli hidrologi dapat menawarkan jawaban atas permasalahan yang berkaitan dengan pengelolaan air dengan menggunakan data yang dikumpulkan dan keahlian dari disiplin ilmu terkait hidrologi lainnya.

1) Analisa Curah Hujan wilayah

Rencana pemanfaatan dan pengendalian banjir harus memperhitungkan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah yang terkena dampak, tidak hanya di satu lokasi saja. Memperkirakan curah hujan di suatu daerah diperlukan. Curah hujan di wilayah tersebut harus diestimasi melalui.

Metode Rata – Rata Aljabar

Pendekatan ini menghitung curah hujan rata-rata di dalam dan sekitar wilayah tersebut dengan menggunakan matematika.

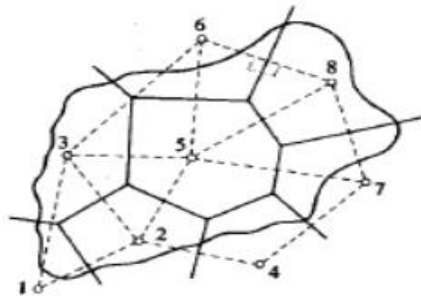
$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Hasil dari pendekatan rata-rata aljabar hampir sama dengan metode lain jika titik pengamatan tersebar merata di seluruh area pengamatan.

Metode Polygon Thiessen

Metode ini ditemukan dengan membuat poligon di titik tengah yang memotong garis penghubung antara dua stasiun hujan secara tegak lurus. Selanjutnya, dengan menggunakan poligon yang dibuat oleh garis sumbu yang menghubungkan dua stasiun hujan terdekat, rata-rata tertimbang dihitung sambil memperhitungkan wilayah pengaruh masing-masing stasiun hujan.

Menurut (Ningsih, 2012) prosesnya melibatkan menggambar poligon yang membagi garis yang menghubungkan dua stasiun hujan menjadi dua secara tegak lurus. Akibatnya, stasiun poligon tertentu An akan menjadi rumah bagi setiap stasiun pengukuran Rn. Besarannya = An/A , dimana A, yang diperoleh dengan membagi luas masing-masing stasiun dengan rasionya, mewakili luas daerah shelter atau seluruh wilayah yang memerlukan curah hujan tinggi. Rata-rata curah hujan dihitung dengan menjumlahkan seluruh alat ukur dengan daerah tumbukan, yang dibuat dengan menggambar garis aksial tegak lurus terhadap garis penghubung antara kedua tiang ukur.



Gambar 2. Metode *Polygon Thiessen*
 Sumber : (Ningsih, 2012)

Curah hujan daerah ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{A1.d1+A2.d2+A3.D3+\dots.An.Dn}{A} = \frac{\sum A1.d1}{A}$$

2) Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Data curah hujan rata-rata yang dikumpulkan dari berbagai wilayah di wilayah sungai dinilai untuk menentukan pola sebaran hujan yang sesuai dengan pola curah hujan rata-rata. Sebenarnya tidak semua variasi memiliki nilai rata-rata variabel hidrologi yang sama. Variasi, juga dikenal sebagai dispersi, adalah sejauh mana varians terdistribusi di sekitar nilai rata-rata. Satuan ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa besar dispersi ini disebut ukuran dispersi.

Deviasi Standart (S)

Rumus :

$$S = \frac{\sqrt{\sum(Xi-X)^2}}{n-1}$$

Dimana :

S : deviasi standart

ξ_i : nilai varian ke i

\bar{X} = nilai rata – rata varian

n : jumlah data

3) Analisis Frekuensi Curah Hujan

Frekuensi adalah peluang terjadinya debit hujan pada tingkat tertentu. Dalam menentukan proyeksi debit banjir, pertimbangan diberikan pada hubungan antara curah hujan dan debit sungai, dimana debit sungai dipengaruhi oleh beberapa kriteria seperti curah hujan, intensitas hujan, luas wilayah, lama hujan, dan karakteristik geografis aliran sungai. Analisis frekuensi dilakukan untuk menentukan distribusi yang sesuai dengan data curah hujan yang digunakan. Penelitian ini menggunakan tiga jenis distribusi frekuensi yang berbeda untuk menghitung curah hujan yang direncanakan: Distribusi Gumbel, Distribusi Log Pearson III, dan Distribusi Log Normal.

Distribusi Log Normal

Dengan menggunakan rumus berikut, pendekatan distribusi Log Normal dapat digunakan untuk mengetahui frekuensi curah hujan:

$$\log XT = \log X + k \cdot Sx \log X$$

Distribusi Gumbel

Dengan persamaan berikut, distribusi Gumbel dapat digunakan untuk mengetahui frekuensi curah hujan:

$$XT = X + K \cdot Sx$$

4) Uji Keselarasan Distribusi

Untuk menjamin bahwa distribusi frekuensi yang digunakan dan sampel data saat ini selaras, perlu dilakukan langkah-langkah tertentu. Apabila pengujian pada keduanya lolos parameter pengujian maka rumusan persamaan dapat diterima.

Uji Chi Square

Uji chi-kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih benar-benar mewakili distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis. Parameter uji Chi-Square dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$X_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

5) Intensitas Curah Hujan

Ketinggian atau kedalaman tetesan air hujan dalam satuan waktu merupakan ukuran intensitas curah hujan. Banyaknya debit yang terjadi sebagian besar bergantung pada kekuatan hujan. Intensitas hujan berhubungan langsung dengan curah hujan. Rumus berikut dapat digunakan sebagai cara empiris untuk menentukan intensitas curah hujan:

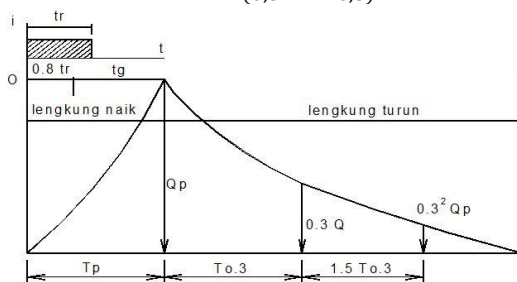
$$I = \frac{R^{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

6) Perencanaan Debit Banjir Rencana

Perencanaan pembangunan perairan memerlukan data debit banjir terencana yang dihitung secara empiris dengan menggunakan data curah hujan. Bergantung pada aksesibilitas data dan penerimaannya untuk digunakan di wilayah penelitian, debit yang diantisipasi diperiksa menggunakan pendekatan yang relevan selain memberikan hasil hidrograf banjir yang sesuai dengan kondisi lapangan (secara hidrolis memberikan hasil yang masuk akal dan dapat diterima).

Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu digunakan untuk merencanakan hal ini. Hidrograf satuan ini paling sering digunakan di Indonesia karena dapat diubah mengikuti kondisi aliran. Nakayasu membuat rumus hidrograf satuan sintesis berdasarkan temuan penelitiannya sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{C.A.R_o^{3,6}}{(0,3TP+T_{0,3})}$$



Gambar 3. Perencanaan Debit Banjir Rencana
 Sumber : (Wibisono et al., 2010)

B. Analisis Hidrolika

Langkah selanjutnya setelah menyelesaikan analisis hidrologi adalah melakukan analisis hidrolis, yang berguna untuk mengetahui apakah bagian sungai dapat menampung debit yang diharapkan. Analisis hidrolis ini menggunakan alat HEC-RAS untuk

merencanakan penampang dan menganalisis penampang sungai saat ini.

1) Analisis Kapasitas sungai

Debit maksimum yang dapat mengalir melalui penampang suatu saluran disebut kapasitas sungai. Kapasitas sungai dapat dijadikan pedoman pada saat merencanakan penampang sungai apakah debit yang dimaksudkan dapat ditampung melalui saluran yang ada. Rumus Manning digunakan dalam rumus kecepatan rata-rata untuk menentukan kapasitas penampang saluran:

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2}$$

C. Pembangunan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan merupakan salah satu metode perkuatan tanah yang sering digunakan dalam proyek teknik sipil. Dibangun pada kemiringan tertentu atau untuk menahan beban tanah vertikal, dinding penahan (Hakam & Mulya, 2011).

1) Tipe Dinding Penahan Tanah

Dinding Penahan Tanah Gravitasi

Dinding gravitasi adalah dinding penahan yang terbuat dari beton atau pasangan bata yang tidak diperkuat. Kadang-kadang, permukaan dinding menerima sedikit tulangan beton untuk mencegah variasi suhu menimbulkan retakan. Tegangan tarik tidak boleh ada pada titik mana pun di sepanjang badan dinding penahan tipe gravitasi.

Dinding penahan Kantilever (*Kantilever Retaining Wall*)

Tapak lantai beton bertulang dan dinding vertikal membentuk dinding penahan kantilever. Tumit, ujung tapak, dan dinding vertikal (steem) merupakan tiga elemen struktur yang bekerja sama membentuk kantilever. Tembok ini biasanya tidak lebih tinggi dari 6-7 meter.

Dinding Conterfort (*Counterfort wall*)

Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.

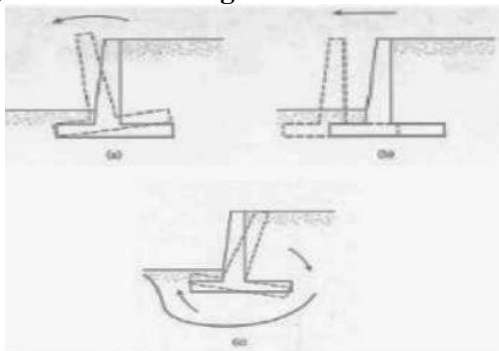
Dinding Butters (*Butters Wall*)

Counterfort diposisikan di depan tembok, yang merupakan satu-satunya perbedaan antara dinding mentega dan *counterfort*. Untuk ketinggian di atas tujuh meter, tembok ini lebih hemat biaya.

2) Tekanan Tanah Lateral

Ketika merancang masalah teknik untuk pondasi, dinding penahan, dan struktur bawah tanah lainnya, tekanan tanah lateral merupakan elemen perencanaan yang penting. Secara teori, ada tiga kemungkinan hasil yang mungkin terjadi pada kondisi lahan dalam situasi saat ini: 1) Dalam keadaan diam (K_0); 2) Dalam keadaan aktif (K_a); 3) Dalam keadaan pasif (K_p).

3) Stabilitas dinding Penahan Tanah



Gambar 4. Jenis keruntuhan dinding penahan tanah

Sumber : Braja M.Das, 1991

Seperti yang terlihat pada gambar 4 di atas, ada beberapa hal yang dapat keruntuhan pada dinding penahan tanah, antara lain: 1) Penggulingan; 2) Penggeseran; 3) Keruntuhan daya dukung.

4) Cara Menstabilkan Lereng

Tindakan pencegahan longsor dapat berupa perbaikan pada daerah yang sudah terjadi longsor namun belum seluruhnya roboh, serta upaya preventif pada lokasi yang berpotensi terjadi longsor. Menurut (Djunaedi, 2020), mengurangi gaya penggerak yang menyebabkan tanah longsor dan meningkatkan gaya resistif pada tanah longsor adalah dua metode dasar untuk menstabilkan lereng.

Tanah Longsor

Tanah longsor terjadi ketika sejumlah besar tanah tergelincir ke bawah suatu lereng akibat terganggunya kestabilan lereng. Selain geometri, kekuatan bresing dan geser menentukan seberapa kuat tanah terdorong.

Karena sifat kuat geser yang berfluktuasi, kadar air tanah bisa saja meningkat. Selain pengaruh luar, fenomena alam dan aktivitas manusia berpotensi mengganggu kestabilan suatu lereng.

D. Analisa Pemodelan HEC - RAS

Aplikasi lain untuk pemodelan sungai adalah HEC-RAS. HEC-RAS adalah program aplikasi untuk simulasi aliran sungai. HEC-RAS adalah nama model satu dimensi aliran permanen dan non-permanen. Berikut ini adalah empat bagian model HEC-RAS satu dimensi: 1) Hitungan profil muka air aliran permanen; 2) Simulasi aliran tak permanen; 3) Hitungan transpor sedimen; 4) Hitungan kualitas air.

Debit, kecepatan, dan ketinggian permukaan air pada saluran intake bervariasi terhadap waktu dan ruang, sehingga mengakibatkan pergeseran aliran yang semakin progresif. Kondisi batas diperlukan agar program aplikasi HEC – RAS dapat digunakan untuk memodelkan perubahan progresif aliran pada intake.

E. Aplikasi Geo 5 Sesuai SNI

Di bidang geoteknik, Geo 5 merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menyampaikan hasil perhitungan dan analisis yang terkait dengan geoteknik dengan cepat dan mudah. Analisis Elemen Hingga (FEM) adalah metode yang digunakan di Geo 5. Perangkat lunak Geo 5 memungkinkan penggunaan analisis berikut: pemodelan tanah digital, analisis FEM, analisis penurunan tanah, desain dinding penahan, desain penggalian, analisis stabilitas, dan pondasi desain (Ciptaning et al., 2018).

F. Pengukuran Arus Menggunakan Current Meter

Meteran arus adalah alat ukur yang digunakan untuk menentukan kecepatan arus, yang kemudian ditentukan laju aliran air dalam satuan meter per detik. Praktikum teknik hidrolis biasanya menggunakan alat ukur ini. Alat ini menghitung pulsa yang dihasilkan oleh alat pencacah mekanis atau mendengarkan pulsa meteran arus menggunakan telepon genggam untuk mengetahui kecepatan arus yang ditentukan dengan membandingkan

jumlah putaran sudu pada meteran arus. Stopwatch menunjukkan waktu pengukuran. Tentukan jumlah putaran bilah dengan penghitung mekanis atau telepon seluler.

3. METODE PENELITIAN

A. Data Umum

Perencanaan dinding penahan tanah ini berada di DAM Genduk yang terletak di Desa Glagahwero, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. DAM yang dapat mengairi sawah yang berada di 2 desa yaitu Desa Glagahwero kecamatan Panti dan Desa Gugut kecamatan Rambipuji. DAS ini mempunyai panjang sungai sekitar 7.90 km, dan lebar sungai sekitar 36 m.



Gambar 5. Lokasi Penelitian
Sumber : Gmaps, 2023

B. Metode Kerja

Prosedur kerja merupakan penentu utama keberhasilan penelitian. Hal ini berkaitan dengan metode pengumpulan data, sumber, dan instrumen yang digunakan. Metodologi penelitiannya meliputi terlebih dahulu melakukan inspeksi lokasi, kemudian memantau debit secara langsung, mengumpulkan sampel, mengevaluasi sampel tanah uji yang dibor di laboratorium, dan terakhir merancang dinding penahan untuk menarik kesimpulan.

Data berikut dikumpulkan untuk proyek penelitian ini berdasarkan tinjauan literatur. Data primer Data tanah yaitu uji boring dan pengukuran arus menggunakan currenmeter). Data Skunder yaitu data hujan dari tahun 2011 sampai 2020, data stasiun hujan (Pono, Makam, Karanganom, Klatakan, Manggis), data *Cross Section*, dan data Sondir.

C. Tahapan penelitian Studi Pustaka

Mengumpulkan data yang bersumber dari publikasi intansi pemerintah, arsip dan teori, dari buku, jurnal, bahan kuliah, dan sebagainya yang berhubungan dengan penelitian yang berguna untuk memperoleh referensi mengenai proses pengerjaan dan pemodelan penelitian Studi Alternatif Penggunaan Tembok Penahan Pada DPT Kanan Intake DAM Genduk.

Survei Lokasi

Melakukan kunjunagn langsung ke lokasi penelitian, mengumpulkan data yang di butuhkan dalam pengerjaan tugas akhir.

Metode Pengambilan Data Debit Sungai (Sesuai SNI 03-2414-1991)

Adapun alat – alat yang digunakan untuk pengukuran arus secara langsung sebagai berikut : tali rafia, alat ukur currentmeter, roll meter, dan tali tamar.

Prosedur yang digunakan untuk pengukruan arus menggunakan alat currentmeter sebagai berikut: 1) Pemilihan lokasi pengukuran debit, 2) Pengukuran lebar sungai pada lokasi penelitian, 3) Pasang tali rafia sesuai lebar saluran dan beri titik tiap satu meternya, 4) Lalu ukur kedalaman setiap meternya, 5) Ukur kecepatan air dengan current meter pada setiap meter lebar sungai, 6) Pengisian data hasil pengukuran dan 7) Perhitungan.

Metode Pengumpulan Data

Untuk menentukan kontruksi dinding penahan yang sesuai dengan tanah di lapangan data yang diperoleh dari uji laboratorium berupa data sondir dan data hasil uji lapangan yang berupa daya boring.

D. Analisis Data

Setelah data yang diperlukan sudah terkumpul, maka dengan menggunakan literatur yang relevan, data tanah dan perencanaan dinding penahan tanah dapat diolah dan dianalisis untuk mengetahui stabilitas dinding penahan. Adapun teknis analisa data pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

- 1) **Analisa hidrologi**, Analisa hidrologi digunakan untuk mencari debit rencana kala ulang 50 tahun.
- 2) **Analisa Hidrolika**, Analisa hidrologi digunakan untuk mencari tinggi muka air normal dan banjir di sungai Dinoyo menggunakan software hecras 5.0.7. Adapun tahapan yang dilakukan antara lain Membuat alur sungai, Memasukkan penampang sungai (*Cross Section*), Memasukkan Data aliran dan Syarat Batas, dan Melakukan Running Program.
- 3) **Analisis Geoteknik**, Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah pendekatan perangkat lunak geoteknik Geo 5 untuk melakukan analisis dan perancangan struktur dinding penahan pada dinding penahan tanah sebelah kanan intake Dam Genduk. Pendekatan ini terdiri dari beberapa tahapan penting yang mencakup analisis geoteknik, pemodelan dinding penahan, dan evaluasi hasil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang akan dilakukan adalah untuk memperkirakan besarnya debit rencana sebagai dasar untuk merencanakan saluran. Sebelum melakukan analisa hidrologi, terlebih dahulu kita menganalisa stasiun hujan mana yang akan dipilih, kemudian dipilih curah hujan maksimum yang akan di analisis frekuensi sehingga menghasilkan intensitas curah hujan.

1) Data Curah Hujan

Selama sepuluh tahun ini, data curah hujan yang digunakan adalah tahun 2011 hingga 2020. Data curah hujan maksimum yang digunakan bersumber dari Dinas Sumber Daya Air Kabupaten Jember dan PU Binamarga.

Kajian tersebut dapat disederhanakan untuk menentukan jumlah kejadian hujan maksimum pada periode ulang 50 tahun. Menganalisis data dari lima stasiun hujan signifikan: Makam, Karanganom, Pono, Manggis, dan Klatakan. Tabel 1 memberikan penjelasan mengenai total curah hujan. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahun 2019, stasiun Klatakan menerima curah hujan sebesar 195

mm, sedangkan stasiun Makam menerima curah hujan sebesar 85 mm pada tahun 2015.

Tabel 1. Data Curah Hujan

Stasiun Curah Hujan (mm)						
No	Tahun	Stasiun Klatakan	Stasiun Manggis	Stasiun Karanganom	Stasiun Pono	Stasiun Makam
		R1	R2	R3	R4	R5
1	2011	160	125	106	98	91
2	2012	121	97	160	90	120
3	2013	96	118	98	90	120
4	2014	98	98	96	94	88
5	2015	91	90	96	96	86
6	2016	94	91	98	89	94
7	2017	95	90	94	88	99
8	2018	195	93	110	87	94
9	2019	195	94	110	87	94
10	2020	136	125	97	93	94
Rerata		128	103	107	91	98

Sumber: Dinas PU Binamarga dan Sumberdaya Air Kab. Jember

2) Curah Hujan Rerata Daerah

Pada tabel 2 dijelaskan pada stasiun Klatakan memiliki pengaruh sebanyak 63%, stasiun Manggis memiliki pengaruh sebesar 18%, stasiun Karanganom memiliki pengaruh sebesar 13%, stasiun Pono memiliki pengaruh sebanyak 4% dan stasiun Makam memiliki pengaruh sebanyak 2%. Sehingga seluruh total hujan yang berpengaruh di DAS tersebut sebesar 100%.

Tabel 2. Curah Hujan Rerata Daerah

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)					Curah Hujan Rata-rata Daerah (mm)
		Stasiun Klatakan	Stasiun Manggis	Stasiun Karanganom	Stasiun Pono	Stasiun Makam	
		0.63	0.18	0.13	0.04	0.02	
1	2011	160	125	106	98	91	143
2	2012	121	97	160	90	120	120
3	2013	96	118	98	90	120	100
4	2014	98	98	96	94	88	97
5	2015	91	90	96	96	86	92
6	2016	94	91	98	89	94	94
7	2017	95	90	94	88	99	94
8	2018	195	93	110	87	94	159
9	2019	195	94	110	87	94	159
10	2020	136	125	97	93	94	126

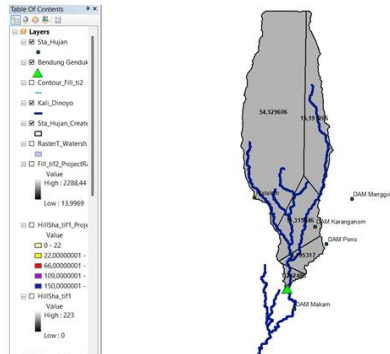
Sumber : (Tabel Perhitungan)

Pada tabel 3 merupakan perbandingan presentasi pada setiap stasiun, yang masing - masing stasiun memiliki luas area yang disajikan pada tabel berikut:

3) Daerah Aliran Sungai (*Catsmen Area*)

Awalnya terlebih dahulu memilih lokasi DPT yang akan direncanakan sebelum menentukan wilayah aliran sungai. Batas

wilayah aliran sungai menentukan arah hulu dan hilir dari lokasi DPT. Gambar 6 menampilkan peta aliran sungai sebagai berikut:



Gambar 6. Peta DAS Kali Jenoyo

Sumber : Argis

4) Analisis Frekuensi

Berdasarkan tabel 3 perhitungan analisis frekuensi mempunyai nilai rerata sebesar 118.55, nilai standar deviasi sebesar 27.376, koefisien skewness sebesar 0.585 dan nilai koefisien kurtosis sebesar -1.400, dan nilai koefisien variasi 0.231.

Tabel 3. Nilai Parameter Statistik

No	Tahun	R _i	P	(R _i - R)	(R _i - R) ²	(R _i - R) ³	(R _i - R) ⁴
1	2011	142.8	9.091	24.29	589.810	14324.1	347875.60
2	2012	120.4	18.182	1.96	3.83	7.48	14.64
3	2013	100.4	27.273	-18.07	326.67	-5904.22	106712.95
4	2014	97.38	36.364	-21.15	447.49	-9466.24	200248.84
5	2015	91.57	45.455	-26.96	727.06	-19604.37	528612.31
6	2016	93.78	54.545	-24.75	612.76	-15168.27	375475.45
7	2017	93.77	63.636	-24.76	613.26	-15186.66	376082.55
8	2018	159.25	72.727	40.72	1657.79	67498.69	2748276.49
9	2019	159.43	81.818	40.90	1672.48	68397.86	2797198.77
10	2020	126.39	90.909	7.86	61.72	484.85	3808.96
Rerata		118.53			6712.863	85383.219	7484306.542

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya, studi frekuensi dilakukan dengan menggunakan durasi kembali mulai dari 2 hingga 50 tahun. Tabel 4. menampilkan hasil perhitungan setiap distribusi.

Tabel 4. Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang T Tahun

P(x >= X _m)	T	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya							
		KALAMULANG		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		XT	KT	XT	KT	XT	KT	XT	KT
0.5	2.	118.00	115.00	114.99	113.90	114.01	113.90	113.90	0.07
0.2	5.	141.00	138.99	139.00	138.99	139.00	139.00	0.81	
0.1	10.	153.00	154.00	154.00	155.70	154.00	155.70	155.70	1.31
0.040	25.	166.00	171.00	171.00	177.00	171.00	177.00	177.00	1.89
0.02	50.	174.00	183.00	183.00	189.00	183.00	189.00	189.00	2.27
0.01	100.	182.00	195.00	195.00	204.00	195.00	204.00	204.00	2.64
		241.00	233.00	233.00	242.00	233.00	242.00	242.00	1.00

Sumber: Hasil Perhitungan

5) Uji Kecocokan Distribusi Uji Chi Square

Berdasarkan tabel 5 nilai *Chi Square* dengan metode normal ialah 2, nilai derajat kebebasan sebesar 2, dan nilai *Chi - Kritik* sebesar 5.991.

Tabel 5. Metode Normal

Kelas	P(x >= X _m)	Ef	Debit (m ³ /dt)	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef	
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.000	141.594	3.000	1.000	0.500
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.000	125.490	1.000	1.000	0.500
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.000	111.618	1.000	1.000	0.500
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.000	95.513	2.000	0.000	0.000
	0.999	0.8 < P <= 0.999	2.000	33.955	3.000	1.000	0.500
					10.000	10.000	Chi-Kuadrat = 2.000
							DK = 2
							Chi-Kritik = 5.991

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 6 nilai *Chi-Square* dengan metode *Log-Normal* adalah 2, nilai derajat kebebasan 2, dan hasil *Chi-Kritik* sebesar 5.991.

Tabel 6. Perhitungan Log Normal

Kelas	P(x >= X _m)	Ef	Debit (m ³ /dt)	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef	
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.000	139.922	3.000	1.000	0.500
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.000	122.622	1.000	1.000	0.500
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.000	109.445	1.000	1.000	0.500
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.000	95.913	2.000	0.000	0.000
	0.999	0.8 < P <= 0.999	2.000	57.913	3.000	1.000	0.500
					10.000	10.000	Chi-Kuadrat = 2.000
							DK = 2
							Chi-Kritik = 5.991

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 7 nilai *Chi-Square* dengan metode *Gumbel* adalah 2, nilai derajat kebebasan 2, dan hasil *Chi-Kritik* sebesar 5.991.

Tabel 7. Perhitungan Metode Gumbel

Kelas	P(x >= X _m)	Ef	Debit (m ³ /dt)	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef	
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.000	139.922	3.000	1.000	0.500
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.000	122.622	1.000	1.000	0.500
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.000	109.445	1.000	1.000	0.500
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.000	95.913	2.000	0.000	0.000
	0.999	0.8 < P <= 0.999	2.000	57.913	3.000	1.000	0.500
					10.000	10.000	Chi-Kuadrat = 2.000
							DK = 2
							Chi-Kritik = 5.991

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 8 nilai *Chi-Square* dengan metode *Log Pearson III* adalah 2, nilai derajat kebebasan 1, dan hasil *Chi-Kritik* sebesar 3.841.

Tabel 8. Metode Log Pearson III

Kelas	P(x >= Xm)		Ef	Debit (m ³ /dt)		Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef
	0 < P <= 0.2	0.2 < P <= 0.4		Of	Of		
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.000	139.922	3.000	1.000	0.500
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.000		-3.000	5.000	12.500
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.000		0.000	2.000	2.000
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.000		0.000	2.000	2.000
	0.999	0.8 < P <= 0.99	2.000		0.000	2.000	2.000
			10.000		0.000	Kuadrat =	19.000
						DK =	1
						Chi-Kritik =	3.841

Sumber: Hasil Perhitungan

Uji Kolmogorov Smirnov

Pada hasil perhitungan uji *Smirnov – Kolmogorov* ditemukan nilai *Do* maksimum pada tiap distribusi. Uji kecocokan ini dapat diterima atau lolos bila nilai *P* maksimum lebih kecil dari pada nilai *P* kritik.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov

Debit (m ³ /dt)	m	P = m/(N+1)	NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
			P(x >= Xm)		P(x >= Xm)		P(x >= Xm)		P(x >= Xm)	
			Do	Do	Do	Do	Do	Do		
159.578	1	0.091	0.067	0.024	0.077	0.014	0.079	0.012	0.085	0.006
159.400	2	0.182	0.068	0.114	0.077	0.104	0.080	0.102	0.085	0.096
142.884	3	0.273	0.187	0.086	0.175	0.098	0.164	0.108	0.171	0.102
126.366	4	0.364	0.388	0.024	0.349	0.014	0.323	0.041	0.327	0.037
120.507	5	0.455	0.472	0.017	0.430	0.024	0.401	0.054	0.403	0.052
100.259	6	0.545	0.748	0.203	0.740	0.195	0.734	0.188	0.727	0.182
97.408	7	0.636	0.780	0.144	0.780	0.144	0.780	0.143	0.773	0.136
93.775	8	0.727	0.817	0.090	0.827	0.100	0.833	0.106	0.827	0.100
93.732	9	0.818	0.818	0.000	0.827	0.009	0.834	0.016	0.828	0.009
91.629	10	0.909	0.837	0.072	0.852	0.057	0.862	0.047	0.856	0.053
DKritik = 0.410			0.203	0.195	0.188	0.182	0.188	0.188	0.182	0.182
			Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Rekapitulasi perhitungan uji kecocokan bertujuan untuk membandingkan nilai anatara kedua uji tersebut. Hasil menunjukkan bahwa semua distribusi dinyatakan lolos pada kedua uji tersebut termasuk metode Log – Normal. Hasil rekapitulasi dari kedua uji kecocokan dapat dilihat pada tabel 10:

Tabel 10. Rekapitulasi Uji Kecocokan

Distribusi	X2	Chi Square		Smirnov - Kolmogorov		
		X2cr	Delta P max	Delta P kritis	Delta P kritis	
Normal	2	5.991	Lolos	0.203	0.41	Lolos
Log - Normal	2	5.991	Lolos	0.195	0.41	Lolos
Gumbel	2	5.991	Lolos	0.188	0.41	Lolos
Log - Pearson III	1	3.841	Lolos	0.182	0.41	Lolos

Sumber: Hasil Perhitungan

6) Analisis Intensitas Curah Hujan

Hasil perhitungan intensitas curah hujan jam – jaman dengan persamaan mononobe menunjukkan nilai intensitas hujan tertinggi terjadi pada periode 100 tahun dengan durasi 2 jam sebesar 355.45 mm/jam, hasil

keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel 11:

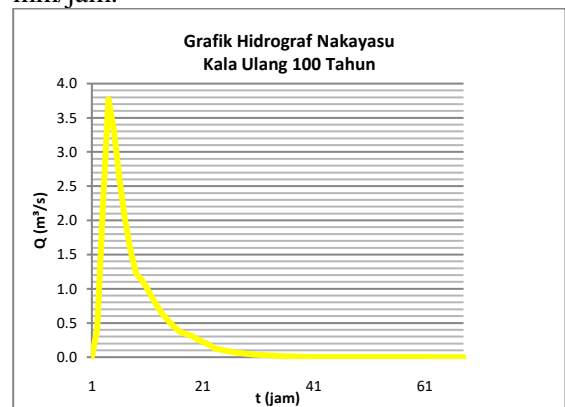
Tabel 11. Hasil Analisis Intensitas Curah Hujan

Waktu	Ratio	Hujan Jam - Jaman					
		2	5	10	25	50	100
1	0.5438	40.2925	49.1400	55.0361	62.5743	68.2728	74.0555
2	0.1445	10.7080	13.0593	14.6262	16.6295	18.144	19.6807
3	0.1017	7.1938	9.1938	10.297	11.7073	12.7735	13.8554
4	0.0812	6.0152	7.336	8.2162	9.3416	10.1923	11.0556
5	0.0687	5.0882	6.2055	6.9501	7.902	8.6217	9.3519
6	0.0601	4.4537	5.4317	6.0834	6.9166	7.5465	8.1857
Hujan Efektif		74.0961	90.3663	101.2089	115.0715	125.5508	136.1848
Koef Pengaliran		0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Curah Hujan Rencana		113.994	139.025	155.706	117.033	193.155	209.515

Sumber: Hasil Perhitungan

7) Analisa Banjir Dengan Kala Ulang Menggunakan Metode Nakayasu

Hasil perhitungan simulasi banjir rencana ini di hitung dengan menggunakan metode nakayasu. tertinggi terjadi pada periode 100 tahun dengan durasi 2 jam sebesar 355.45 mm/jam.



Gambar 7. Grafik Intensitas Hujan Rencana

Sumber : tabel Perhitungan

Dari grafik intensitas curah hujan rencana di atas dapat dilihat bahwa debit puncak berada pada angka 327.70 m³/detik.

8) Debit Banjir Rencana

Metode perhitungan debit banjir menggunakan metode Nakayasu dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan, hujan rencana dengan metode Log Pearson III mendapatkan nilai kala ulang.

Tabel 12. Debit banjir rencana

Kala Ulang	Metode Normal	Metode Log Normal	Metode Gumbel	Metode Log Pearson III
2	201.1	196.5	193.5	193.4
5	240.2	237.4	234.5	235.9
12	260.66	262.01	261.72	264.16
25	282.44	291.09	296.06	300.35
50	296.52	311.57	231.53	327.7
100	309.18	331.22	316.82	355.45

Sumber: Hasil Perhitungan

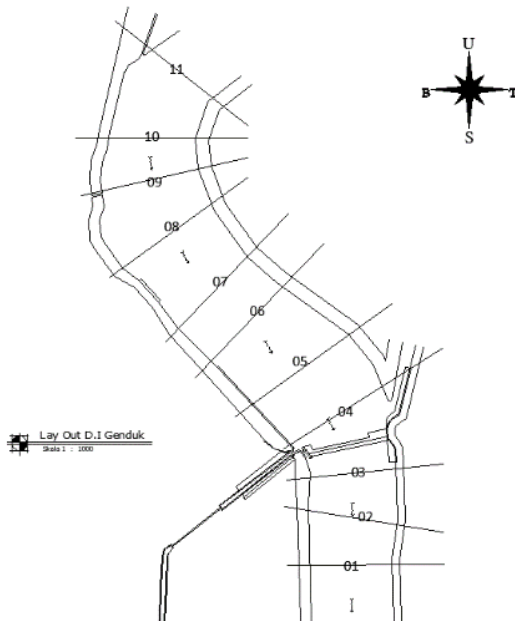
9) Data Debit Normal Sungai Menggunakan Curren Meter

Berdasarkan pengukuran arus menggunakan curren meter. Dari hasil analisa debit banjir berdasarkan data curah hujan di dapatkan Q kala ulang 50 tahun sebesar 327.70 m³/detik. Berdasarkan tinjauan lapangan dengan menggunakan alat currentmeter dengan kedalaman muka air 0.38 m di dapatkan debit air 0.825 m³/detik. Maka saya menyimpulknya debit banjir menggunakan data curah hujan.

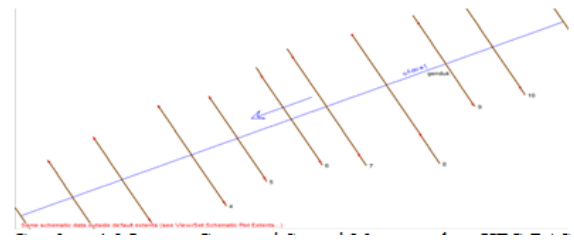
B. Analisis Hidrolika

1) Data Geometri sungai

Data geometri sungai merupakan data topografi dan data penampang sungai hasil pengukuran yang telah dilakukan. Berikut ini adalah gambar penampang saluran dam genduk menggunakan autocad dan HEC-RAS.



Gambar 8. Penampang Saluran DAM Genduk Menggunakan Autocad



Gambar 9 Layout Geometri Sungai Menggunakan HEC-RAS
 Sumber : HEC-RAS

2) Data Debit Banjir Rencana

Berdasarkan perhitungan analisa hidrologi, besar debit banjir rancangan Debit puncak banjir untuk kala ulang 50 tahunan 327.699.

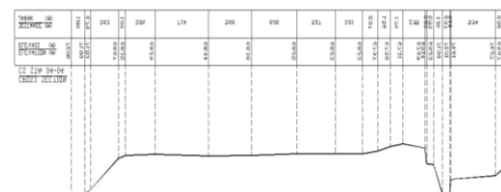
3) Geoteknik

Parameter Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam merencanakan desain dinding penahan tanah menggunakan aplikasi Geo 5 tahun 2020. Jenis tanah yang ada dilokasi penelitian didominasi oleh tanah lempung dan berpasir. Semakin dalam galian tanah maka semakin besar gama pasirnya. Pada jenis tanah ini ada perbedaan yaitu pada tanah lempung terdapat nilai kohesi tetapi tidak ada sudut geser tanah, dan pada jenis pasir terdapat nilai kohesi tetapi ada sudut geser tanah.

Bentuk Penampang Melintang (Cross Section)

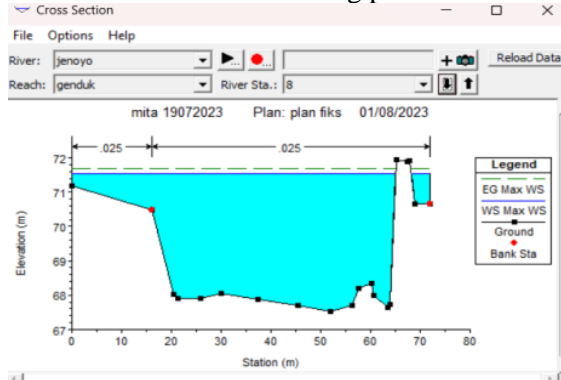
Dalam penelitian ini penampang melintang (Cross Section) diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan total station. Hasil pengukuran ini dilakukan di Dam Genduk Panti. Untuk Cross Section yang akan di teliti untuk perencanaan dinding penahan tanah kita menggunakan STA 4.



Gambar 10. Penampang Melintang (Cross Section)
 xcSumber : Hasil Pengukuran

Tinggi Muka Air Banjir

Ketinggian air sungai yang ditentukan berdasarkan debit yang dimasukkan ke dalam pemodelan merupakan hasil analisis program HEC-RAS. Penampang sungai menampilkan ketinggian air banjir. Ketinggian air di STA 8 di HEC-RAS, dimana dinding penahan tanah yang dimaksud akan ditempatkan, merupakan titik acuan yang digunakan untuk menghitung kedalaman konstruksi dinding penahan tanah.

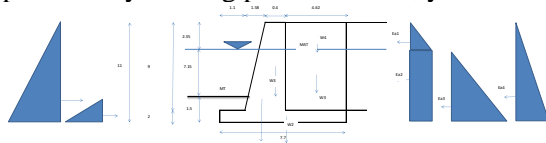


Gambar 11. Elevasi MAB di STA 8
Sumber : HEC-RAS

Berdasarkan hasil program HEC-RAS elevasi muka air banjir dengan kala ulang debit 50 tahun berada pada elevasi 71.25 mdpl, sedangkan elevasi dari dasar sungai 67.60 m.

Preliminary Desain

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari survey dan perhitungan di atas maka berikut akan penulis simpulkan untuk desain preliminary dinding penahan tanah, yaitu:



Gambar 12. Rencana Dinding Penahan Tanah
(Preliminary Design)
Sumber : Analisa Sendiri

C. Analisis Dinding penahan Tanah Dengan Program Geo 5

1) Menghitung kestabilan dinding penahan tanah

Suatu tembok penahan dianggap aman jika hasil program verifikasi menunjukkan pemberitahuan yang memuaskan; apabila muncul TIDAK OK maka dimensi dinding penahan harus disesuaikan, atau nilai tekanan

tanah pasif harus diletakkan di depan dinding penahan. Caranya klik Verifikasi untuk mengetahuinya.

2) Menghitung keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

Perhitungan keruntuhan kapasitas daya dukung tanah bisa didasarkan pada perhitungan manual atau melalui program ini. Caranya dengan mengeklik *bearing capacity*, kemudian mengisi nilai *bearing capacity of foundation soil* untuk mendasarkan perhitungan manual atau klik Run '*spread footing*' untuk menghitung berdasarkan program ini. Sama halnya dengan *verification*, *bearing capacity* dikatakan aman apabila muncul pemberitahuan *satisfactory*.

3) Bentuk dan Dimensi Dinding Penahan

Pilihan desain dinding kantilever dalam perencanaan dinding penahan dipengaruhi oleh kemudahan konstruksi, karena desain ini biasanya tidak terlalu rumit untuk dibangun dibandingkan beberapa desain dinding penahan alternatif yang lebih rumit. Gambar berikut menampilkan dimensinya

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Sejumlah kesimpulan mengenai pemeriksaan tembok penahan tanah di sekitar Bendungan Genduk Panti dapat diambil dari temuan penyelidikan pada pembahasan di atas. Tiga analisis yang digunakan untuk mengkaji perencanaan dinding penahan tanah adalah analisis hidrologi, hidrolik, dan geoteknik. Perencanaan dinding penahan tanah memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap ketiga analisa tersebut. Penjelasan perhitungan sebagai berikut: 1) Pengukuran debit sungai yang dilakukan dengan metode Nakayasu dengan kala ulang 50 tahun diperoleh hasil sebesar 327,70 m³/detik; 2) Ketinggian air banjir Sungai Jenoyo pada debit kala ulang 50 tahun berada pada ketinggian 71,25 meter di atas permukaan laut, berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan program HEC-RAS; 3) Desain dinding penahan yang mematuhi peraturan keselamatan untuk mencegah pergerakan tanah, guling, keruntuhan

umum, dan daya dukung. Berikut hasil analisis perhitungan yang dilakukan dengan Geo 5: Faktor stabilitas terhadap geser $3.53 > 1.50$ (aman), Stabilitas terhadap guling $3.11 > 1.5$ (aman) dan Keruntuhan kapasitas daya dukung $1.73 > 1.50$ (aman)

B. Saran

Beberapa saran yang penulis dapat berikan untuk pengembangan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian perbandingan antara data yang di peroleh dari pengukuran menggunakan curenmeter dengan hasil perhitungan menggunakan metode yang lain.
2. Untuk memperoleh hasil yang tepat ketika merencanakan dinding penahan tanah, data tanah harus komprehensif dan dapat diandalkan.
3. Untuk merencanakan dinding penahan tanah yang memenuhi standar keamanan SNI 8460-2017 dengan optimal, dianjurkan untuk mengintegrasikan hasil analisis dalam Geo 5 dengan konsep desain praktis yang memenuhi interaksi antara dinding penahan tanah dan tanah sekitarnya, sehingga menghasilkan desain yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ciptaning, K., Yunus, Y., & Saleh, S. M. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Kontruksi Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(2), 58–68. <https://doi.org/10.24815/jarisp.v1i2.10942>
- Djunaedi, R. R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi. Studi Kasus : Sdn Lio , Kecamatan Cireunghas. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 1(2), 55–64.
- Hakam, A., & Mulya, R. P. (2011). Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Ruas Jalan Silaing Padang - Bukittinggi Km 64+500. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 7(1), 57. <https://doi.org/10.25077/jrs.7.1.57-74.2011>
- Ningsih, D. H. U. (2012). Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, Volume 17*(No 2), 154–163.
- Ramadhani, S. (2010). Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit Btn Teluk Palu Permai. *SMARTek*, 8(1), 34–49.
- Utara, K. M., Kalalo, M., Ticoh, J. H., Mandagi, A. T., Teknik, F., Sipil, J. T., Sam, U., & Manado, R. (2017). (*Studi Kasus : Sekitar Areal Pt . Trakindo , Desa Maumbi .*, 5(5), 285–294.
- Wibisono, A. G., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2010). Sungai Brantas Di Area Kampus Universitas Muhammadiyah Malang (Umm) Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (UIM)*, 6(1), 55–62.
- (Pratiwi et al., 2016)Kusuma, A. T., Rizal, N. S., & Abadi, T. (2016). *Sungai Sampean Bondowoso*. 1–9.
- Pratiwi, S. Y. E., Rizal, N. S., & Kuryant, T. D. (2016). Kajian Intensitas Hujan dengan Debit Banjir Serta Integrasi Dengan Sistem Informasi Bencana (Studi Kasus DAS Dinoyo Kecamatan Panti Kabupaten Jember). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur HEXAGON*, 1(1), 34–45.
- Suripto. (2019). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada Saluran li Budar Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Universitas Muhammadiyah Jember*, 1–12.
- Anton, P. (2014). Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), 1–14.
- Geogrid, D., Sebagai, W., Pada, A., Perluasan, P., Jember, I., & Jember, I. (n.d.). *STUDI KOMPARASI DINDING PENAHAN TANAH SHEET PILE 1 . Bagaimana kondisi geologi desain dinding penahan tanah sheet pile memungkinkan untuk digunakan pada tebing sungai 4 . Bagaimana desain perkuatan geogrid wall yang memenuhi kontrol stabilitas ? efisiensi.*

