

## Penerapan Model Geostudio Untuk Analisis Stabilitas Bendungan Karalloe

Akrar Syah<sup>1</sup> | Anis Dandi Juandani<sup>1</sup> | Muhammad Syafaat S Kuba<sup>2</sup> | Lutfi Hair Djunur<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia, [akrarsyah@gmail.com](mailto:akrarsyah@gmail.com) | [dandydochy@gmail.com](mailto:dandydochy@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia, [syafaat\\_skuba@unismuh.ac.id](mailto:syafaat_skuba@unismuh.ac.id) | [lutfihairdjunur@unismuh.ac.id](mailto:lutfihairdjunur@unismuh.ac.id)

### Korespondensi

Lutfi Hair Djunur;

[lutfihairdjunur@unismuh.ac.id](mailto:lutfihairdjunur@unismuh.ac.id)

**ABSTRAK:** Bendungan merupakan salah satu bangunan air yang dibangun dengan tujuan untuk menahan, menangkap laju air kemudian menyimpannya sehingga menjadi waduk atau danau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas pada bangunan pada kondisi setelah konstruksi berdasarkan analisis menggunakan program GeoStudio 2018. Metode yang digunakan adalah Fellenius dengan program software Geostudio Slope/W 2018 untuk menganalisa stabilitas lereng dan rembesan pada tubuh bendungan di Karalloe Kabupaten Gowa. Dari hasil analisis stabilitas bendungan terhadap rembesan pada kondisi muka air banjir bagian hulu didapatkan angka keamanan sebesar 2,466 dan radius kritikal sebesar 11,835 sedangkan total rembesan  $1,994 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Dan bagian hilir didapatkan angka keamanan sebesar 1,828 dan radius kritikal sebesar 11,865. Dengan menggunakan pemodelan *Software* Geostudio 2018 dinyatakan aman dan memenuhi syarat.

Kata Kunci : Bendungan, Model Geostudio, Karalloe

**ABSTRACT:** Dam is one of the water structures built with the aim of holding, capturing the flow of water and then storing it so that it becomes a reservoir or lake. This study aims to determine the stability of buildings in post-construction conditions based on analysis using the GeoStudio 2018 program. The method used is Fellenius with the Geostudio Slope/W 2018 software program to analyze slope stability and seepage in the body of the dam in Karalloe, Gowa Regency. From the analysis of the stability of the dam against seepage at the upstream flood water level, a safety score of 2.466 and a critical radius of 11.835 is obtained, while the total seepage is  $1.994 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . And downstream, a safety score of 1.828 and a critical radius of 11.865 is obtained. By using the Geostudio 2018 Software modeling it is declared safe and meets the requirements.

Keywords : Dam, Geostudio Model, Karalloe

## 1 | PENDAHULUAN

Bendungan merupakan salah satu bangunan air yang dibangun dengan tujuan untuk menahan, menangkap laju air kemudian menyimpannya sehingga menjadi waduk atau danau. Bendungan pada umumnya berupa urugan batu, urugan tanah, beton, dan pasangan batu. Waduk atau *reservoir* merupakan bangunan tampungan berupa danau buatan atau danau alam dan pembendungan sungai dengan tujuan menampung air sungai untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia dan di beberapa daerah bendungan juga difungsikan untuk mengalirkan air dari waduk ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air, akan tetapi pembangunan sebuah bendungan juga dapat berpotensi menimbulkan bahaya besar, maka dari itu pada saat dilakukannya pembangunan sebuah bendungan perlu diperhatikan dengan baik dari segi keamanan struktur bendungan dan kondisi geologinya, Air, (D. J. 2006).

Bendungan yang ada di Indonesia salah satunya adalah bendungan Karalloe yang berada di Desa Taring dan Desa Datara, Kecamatan Tompobulu dan Desa Taring Kelurahan Tonrorita Kecamatan Biring Bulu, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Bendungan Karalloe merupakan tipe bendungan urugan batu membran beton (UBM) atau *Concrete Face Rockfill Dam (CFRD)* dan pada tubuh bendungan Karalloe memiliki tinggi maksimum +85 m, panjang puncak 396 m, dan lebar puncak 10 m. Bendungan Karalloe dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi seluas 7,004 Ha, Air Baku ±440 liter/det, Pembangkit Listrik tenaga air ±4,5 M/W, Pengendalian banjir, konservasi sumber daya air dan pengembangan pariwisata, (Kementerian PUPR, 2021).

Bendungan yang dibangun dengan tipe urugan akan sangat beresiko terhadap keruntuhan (*collapse*) yang diakibatkan karena beban gempa yang diterima atau geometrik dari bangunan bendungan itu sendiri (Hamdhan I, 2019). (Sundary dan Azneri 2013) menyatakan bahwa keamanan suatu bangunan bendungan terhadap kelongsoran lereng dan rembesan (*seepage*) adalah persyaratan utama untuk kestabilan suatu bangunan bendungan, pada dasarnya setiap bendungan akan mengalami rembesan, namun rembesan yang terjadi tidak boleh melewati batas rembesan yang diizinkan, bila rembesan yang terjadi melebihi batas, maka akan terjadi lepasnya ikatan antar partikel tanah dan membentuk deformasi pada tubuh bendungan yang dikhawatirkan dapat terjadi keruntuhan bendungan yang dapat menimbulkan kerugian.

Bendungan Karalloe memerlukan adanya penelitian mengenai stabilitas dan rembesan terhadap Bendungan Karalloe untuk mengetahui kelayakan dan keamanan pada bendungan Karalloe yang ditinjau dari kestabilan bendungan dan rembesan yang terjadi. Hasil analisis akan memperlihatkan angka faktor keamanan dan rembesan yang terjadi pada bendungan Karalloe, dengan data yang ada dilapangan dan hasil dari laboratorium.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 | Umum

Pengembangan sumber daya air dapat dikelompokkan dalam dua kegiatan yaitu air dan pengatur air Untuk dapat melaksanakan kedua kegiatan tersebut diperlukan konsep, perancangan, perencanaan, dan pengoperasia fasilitas-fasilitas pendukungnya. Pemanfaatan sumber daya air meliputi penyediaan air untuk kebutuhan air bersih, irigasi, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, peternakan, pemeliharaan sungai dan lalu lintas air. Kegiatan pengendalian banjir, drainase dan pembuangan limbah termasuk dalam pengaturan sumber daya air sehingga kelebihan air tersebut tidak menimbulkan bencana, (Bambang Triatmodjo, 2013).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2010 tentang Bendungan, bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa uraian tanah, uraian batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

Sebuah bendungan berfungsi menahan air dan menyimpan di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan, irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan baru dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan pada saat diperlukan.

### 2.2 | Hidrologi Bendungan

Hidrologi Secara umum merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Secara khusus hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas permukaan dan di dalam tanah seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah. Siklus hidrologi merupakan suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi, dan pengaliran keluar (*out iflow*), (BR, Sri Harto, 1993).

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah yang dinyatakan dalam suatu mm, (Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 2003). Dalam studi ini analisis curah hujan wilayah yang digunakan adalah metode rata-rata *Polygon Thiessen*, (Bambang Triatmodjo, 2008).



GAMBAR 1 Siklus Hidrologi

Dalam penentuan distribusi ada persyaratan yang perlu dipenuhi, yaitu mengenai nilai parameter-parameter statistiknya. Parameter tersebut antara lain; koefisien variasi, koefisien kepengcengan (*skewness*) dan koefisien kurtosis. Analisis frekuensi harus dilakukan secara bertahap dan sesuai urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya.

Hujan berpeluang maksimum atau PMP didefinisikan sebagai tinggi terbesar hujan dengan durasi tertentu yang secara meteorologi dimungkinkan bagi suatu daerah pengaliran dalam suatu waktu dalam tahun tanpa adanya kelonggaran yang dibuat untuk trend klimatologis jangka panjang, (CD. Soemarto, 1999). Dengan bangunan pelimpah pada bendungan besar, perlu mempehitungkan faktor keamanan agar waduk mampu menampung dan mengalirkan air banjir dengan aman terhadap bahaya *overtopping*. Oleh karena itu dibutuhkan perkiraan besarnya hujan badai terbesar yang akan menghasilkan debit aliran masuk yang besar pula. Dengan demikian banjir aliran masuk (*inflow*) akan menjadi realistis pula dan akan menghasilkan suatu dimensi bangunan yang cukup tinggi tingkat keandalannya.

### 2.3 | Stabilitas Bendungan

Stabilitas bendungan merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran bendung agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya bekerja padanya dalam segala keadaan, dalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang dan gempa bumi hebat dan banjir besar. Syarat-syarat stabilitas konstruksi seperti lereng di sebelah hulu dan hilir bendung tidak mudah longsor, harus aman terhadap geseran, harus aman terhadap rembesan, dan harus aman terhadap penurunan bendung, (Soediby, 2003).

Perhitungan konstruksi yang dilakukan untuk menentukan dimensi/ ukuran bendung (weir) supaya mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dalam keadaan apapun, termasuk banjir besar dan gempa bumi. Penyelidikan geologi teknik, ditujukan untuk mengetahui apakah pondasi bendung cukup kuat, apakah rembesan airnya tidak membahayakan konstruksi, dan apakah bendung akan dapat dioperasikan bagi penggunaan airnya dalam jangka waktu yg lama minimal 30 tahun (Mawardi & Memet, 2010).

Menurut Sosrodarsono & Kensaku Takeda, jebolnya suatu bendungan urugan biasanya dimulai dengan terjadinya suatu gejala longsor baik pada lereng udik maupun lereng hilir bendungan tersebut yang disebabkan kurang memadainya stabilitas kedua lereng tersebut. Karenanya dalam pembangunan urugan, stabilitas lereng-lerengnya merupakan kunci dari stabilitas suatu bendungan, (Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 2002).

Dengan demikian dalam merencanakan suatu bendungan, maka faktor-faktor yang diperkirakan akan berpengaruh terhadap stabilitas lereng-lereng bendungan tersebut supaya diketahui semuanya demikian pula dimensinya, arahnya, serta karakteristik lainnya dan dalam perhitungannya supaya diambil suatu kombinasi pembebanan yang paling tidak menguntungkan. Biasanya konstruksi tubuh bendungan urugan direncanakan pada tingkat stabilitas dengan factor keamanan 1,2 atau lebih, sebagai syarat untuk dapat diizinkan pembangunannya, (Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 2002).

### 2.4 | Rembesan Bendungan

Rembesan pada bendungan dan pondasi merupakan faktor penting dalam stabilitas bendungan. Rembesan merupakan aliran secara terus menerus mengalir dari hulu menuju hilir. Aliran ini merupakan aliran dari air waduk melalui material yang lulus air (*permeable*), abik melalui tubuh bendungan maupun pondasi. Maka dari itu pola aliran dan debit rembesan yang keluar melalui tubuh bendungan dan pondasi sangat penting dan perlu di perhatikan, (Soediby, 1993).

Semakin cepat muka air turun ke bawah maka FK lereng akan semakin berkurang. Hal ini menunjukkan kecepatan penarikan permukaan air adalah faktor utama yang mempengaruhi stabilitas lereng. Semakin besar kecepatan penarikan level air maka akan semakin mengurangi stabilitas lereng.

### 2.5 | Software Geostudio 2018

Secara umum Geostudio merupakan perangkat lunak pemodelan untuk insinyur geospasial dan ilmuwan geologi. Kemampuan untuk menganalisis secara akurat dan mengintegrasikan alat-alat khusus dan terapan di bidang rekayasa geofisika dan ilmu bumi telah menjadikan perangkat lunak ini alat yang baik diantara para ahli di bidang ini, (Indonesia, S.N, 2017).

Karena Geostudio, sebagai seperangkat alat canggih, menggabungkan sejumlah program khusus, memungkinkan anda menggabungkan berbagai analisis yang anda dapatkan dari berbagai alat ke dalam proyek pemodelan, dan gunakan hasil masing-masing untuk membuat survey yang lebih rinci di survey lainnya.

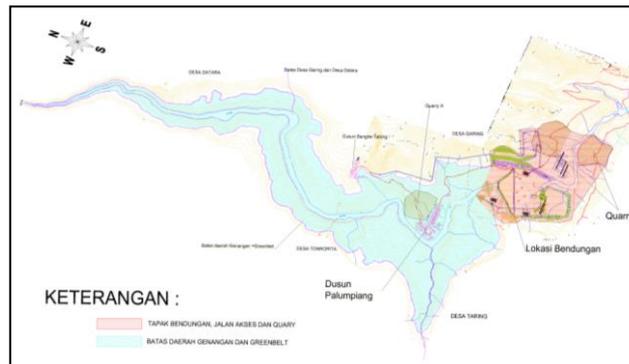
Program komputer SLOPE/W adalah bagian dari Geostudio yang berfungsi untuk menganalisis SF (*Safety Factor*/faktor keamanan) lereng. Geostudio berasal dari Kanada yang dikembangkan oleh perusahaan swasta. SLOPE/W dapat menganalisis masalah stabilitas baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode keseimbangan (*Limited Equilibrium*) batas untuk berbagai permukaan yang miring dan mampu memodelkan kondisi.

SEEP/W merupakan suatu software yang digunakan dalam menganalisa rembesan air dalam tanah dan rembesan yang membuat material menyerap air seperti tanah dan batu. SEEP/W dapat diaplikasikan dalam menganalisis dan mendesain pada bidang geoteknik, sipil hidrogeologika dan proyek pertambangan tambang.

### 3 | BAHAN DAN METODE

#### 3.1 | Lokasi dan Rancangan Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilaksanakan di proyek Bendungan Karalloe secara administrasi terletak di Desa Garing, Desa Datara Kec. Tompobulu dan Desa Garing, Kelurahan Tonrorita Kec. Biring bulu Kab. Gowa Provinsi Sulawesi Selatan yang berjarak  $\pm 137$  km dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara Geografis terletak di  $119^{\circ} 48' 56,64''$  bujur timur dan  $5^{\circ} 31' 07,30''$  lintang selatan, (Gowa & Sirajuddin, 2019).



GAMBAR 2 Peta Lokasi Bendungan Karalloe.

#### 3.2 | Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air, Cipta Karya dan Tata Ruang Prov. Sulawesi Selatan dan PT. Widya Graha Asana selaku Konsultan perencanaan pada Bendungan Karalloe. Adapun data Bendungan Karalloe yang dimaksud, meliputi :

- a. Data Hidrologi, berupa data curah hujan sungai Kelara-Karalloe
- b. Data Teknis Bendungan Karalloe Kab. Gowa

#### 3.3 | Metode Analisis data

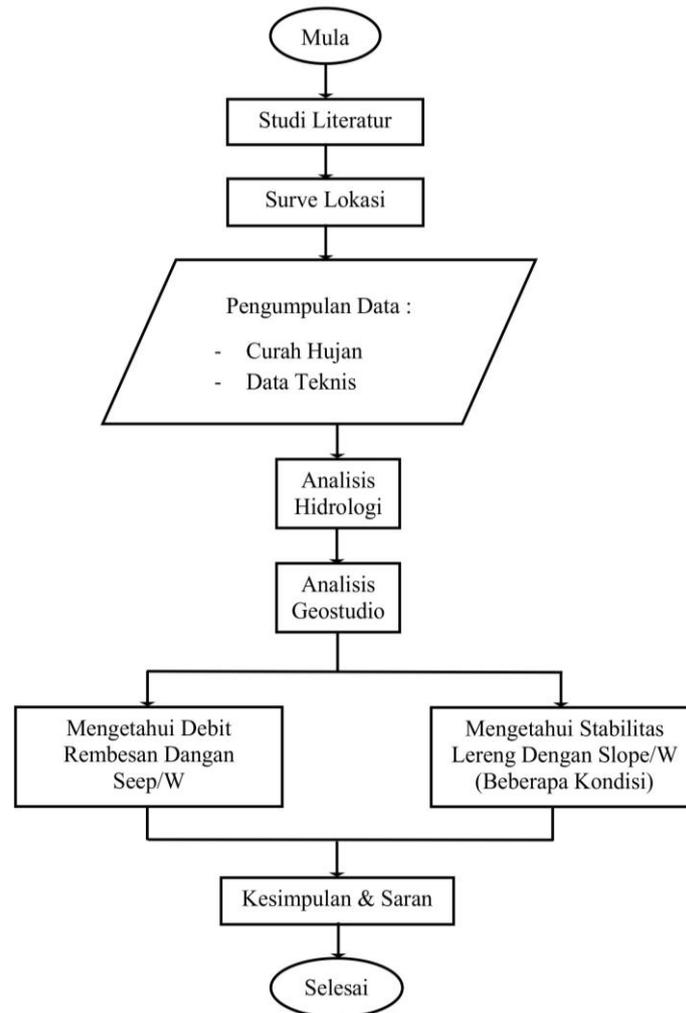
1. Studi literature dan survei lokasi untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penelitian ini.
2. Pengumpulan data yang sesuai dengan penelitian ini.
3. Analisis hidrologi



GAMBAR 7 Input Draw Material

GAMBAR 8 Analysis/Running

### 3.5 | Flowchart Alur Penelitian



GAMBAR 9 Alur penelitian

## 4 | HASIL

### 4.1 | Analisa Curah Hujan Wilayah

Curah hujan rata-rata wilayah dihitung dengan menggunakan metode *polygon thiessen* yang terdiri dari 3 stasiun pencatatan curah hujan yaitu curah hujan Stasiun Malino, curah hujan Stasiun Malakaji, curah hujan Stasiun Kelara dengan masing-masing stasiun curah hujan selama 20 tahun mulai tahun 2001 sampai dengan tahun 2020 dan memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 183,75 km<sup>2</sup>. Adapun pembagian daerah aliran menggunakan metode *polygon thiessen* dapat dilihat pada tabel 5, dan hasil perhitungan curah hujan maksimum pada tanggal, bulan dan tahun kejadian.

TABEL 1 Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Nomor	Kejadian			Hujan Maksimum Harian Rata-rata
	Tahun	Bulan	Tanggal	
1	2001	Januari	7	78.82
2	2002	Februari	3	85.08
3	2003	November	21	27.97
4	2004	November	25	26.92
5	2005	Februari	30	48.04
6	2006	Januari	25	57.75
7	2007	April	10	38.13
8	2008	Maret	12	31.74
9	2009	Januari	26	35.37
10	2010	Januari	8	37.79
11	2011	April	25	25.86
12	2012	Oktober	29	24.02
13	2013	Juni	9	39.48
14	2014	Januari	16	47.66
15	2015	Januari	18	30.72
16	2016	Januari	22	25.79
17	2017	Desember	23	25.83
18	2018	Juni	9	26.60
19	2019	Januari	23	98.77
20	2020	Juni	13	195.46

No	Curah Hujan (X) (mm)	Kala Ulang (tahun)	X <sup>2</sup>	(X - Xr)	(X - Xr) <sup>2</sup>	(X - Xr) <sup>3</sup>	(X - Xr) <sup>4</sup>
1	195.46	0.05	38204.23	145.07	21045.21	3053021.68	442900854.36
2	98.77	0.10	9754.53	48.38	2340.21	113209.10	5476567.45
3	85.08	0.14	7238.94	35	1203.58	41755.28	1448600.21
4	78.82	0.19	6212.54	28.43	808.28	22979.77	653322.29
5	57.75	0.24	3334.90	37.75	1424.96	53790.27	2030509.18
6	48.04	0.29	2308.20	-2.35	5.50	-12.91	30.27
7	47.66	0.33	2271.59	-2.73	7.44	-20.30	55.39
8	39.48	0.38	1558.74	-10.91	118.99	-1298.05	14159.74
9	38.13	0.43	1453.57	-12.26	150.40	-1844.42	22619.37
10	37.79	0.48	1427.85	-12.60	158.82	-2001.55	25224.42
11	35.37	0.52	1250.76	-15.02	225.70	-3390.70	50939.25
12	31.74	0.57	1007.63	-18.65	347.68	-6482.90	120881.27
13	30.72	0.62	943.46	-19.67	387.05	-7614.56	149804.99
14	27.97	0.67	782.47	-22.42	502.51	-11264.53	252513.23
15	26.92	0.71	724.58	-23.47	550.90	-12930.40	303493.52
16	26.60	0.76	707.33	-23.79	566.14	-13470.60	320515.53
17	25.86	0.76	668.91	-24.53	601.52	-14752.92	361829.36
18	25.83	0.86	667.22	-24.56	603.13	-14812.16	363768.05
19	25.79	0.90	664.96	-24.60	605.28	-14891.40	366365.08
20	24.02	0.95	577.05	-26.37	695.24	-18331.85	483364.69
Σ	1007.79	9.95	1015634.41	30.39	32348.55	3161636.86	455345417.65

### 4.2 | Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rencana

Curah hujan maksimum harian rata-rata kemudian diurutkan dari yang terbesar ke terkecil dan dihitung dengan menggunakan analisis parameter statistik untuk mengetahui metode perhitungan curah hujan rencana yang dapat digunakan.

Dapat dinyatakan bahwa hasil perhitungan curah hujan rencana untuk periode ulang 5 tahun = 62,30 mm, 10 tahun = 88,57 mm, 25 tahun = 137,41 mm, 50 tahun = 189,29 mm, 100 tahun = 258,87 mm, 200 tahun = 352,28 mm, tahun 1000 = 714,92 mm.

### 4.3 | Perhitungan Curah Hujan Boleh Jadi Maksimum (PMP)

Untuk mencari curah hujan boleh jadi Maksimum (PMP) dilakukan dengan metode Hershfield. Dengan persamaan :

$$X_{PMP} = X + Km \times S$$

Diketahui :

Standar Deviasi (S) = 41,26

Rata-rata hujan (X) = 50,39

Factor Koefisien Hershfield (Km) = 19,8 (diperoleh dari grafik)

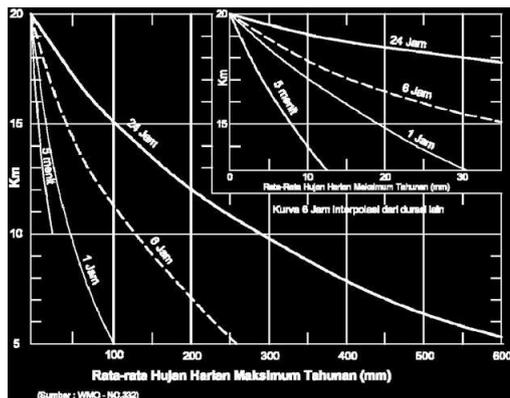
Sehingga,

$$X_{PMP} = X + Km \times S$$

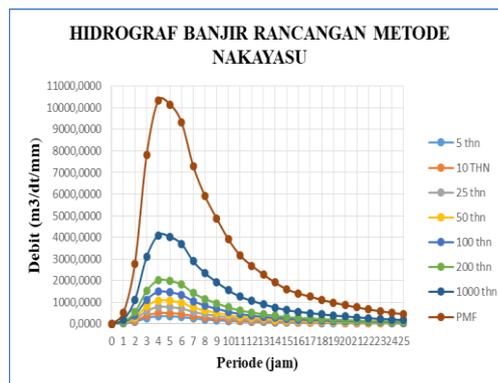
$$= 50,26 + 17 \times 41,26$$

$$= 751,68 \text{ mm/hari}$$

Jadi, perhitungan  $X_{PMP}$  yang diperoleh sebesar mm/hari.



GAMBAR 10 Garis hubungan antara Km dengan fungsi durasi hujan dan hujan maksimum Rata-rata tahunan (Mm)



GAMBAR 11 Grafik Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu

#### 4.4 | Analisa Debit Banjir Rencana

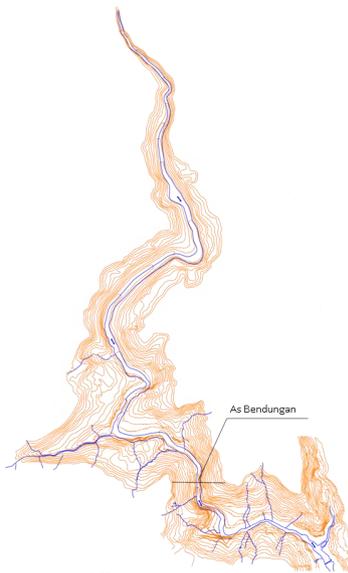
Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu maksimum periode ulang 5 tahun = 357,1590 m<sup>3</sup>/dtk, 10 tahun = 507,7367 m<sup>3</sup>/dtk, 25 tahun = 787,7359 m<sup>3</sup>/dtk, 50 tahun = 1085,1634 m<sup>3</sup>/dtk, 100 tahun = 1484,0564 m<sup>3</sup>/dtk, 200 tahun = 2019,5713 m<sup>3</sup>/dtk, 1000 tahun = 4098,4942 m<sup>3</sup>/dtk, QPMF tahun = 4309,2546 m<sup>3</sup>/dtk.

Dapat dinyatakan bahwa debit puncak pada perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 1000 tahun sebesar 4098,4942 m<sup>3</sup>/dtk dan QPMF tahun sebesar 4309,2546 m<sup>3</sup>/dtk pada waktu 3,1584 jam.

#### 4.5 | Perhitungan Volume Tampung Waduk

Berikut gambar 33 peta topografi dengan skala 1:10000, ada beberapa cara menghitung luas area tiap elevasi yang ada, yaitu :

- Dengan menggunakan Planimeter.
- Dengan menggunakan program Auto Cad.
- Menghitung secara manual



GAMBAR 12 Peta Topografi dan As Bendung

#### 4.6 | Analisis Kebutuhan Tampungan

Kebutuhan tampungan waduk terdiri dari kebutuhan tampungan efektif waduk dan kebutuhan tampungan mati waduk. Adapun sebagai berikut;

##### 1. Tampungan Efektif

Tampungan efektif dapat diperoleh dengan cara menjumlahkan kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi.

##### a. Kebutuhan Air Baku

Sesuai dengan data yang ada, besar kapasitas air baku yang dibutuhkan adalah 440 liter/dtk atau 0,440 m<sup>3</sup>/dtk (*PT. Widya Graha Asana*). Jadi, diperoleh kebutuhan yang diperlukan untuk air baku sebesar 1,14 juta m<sup>3</sup>.

##### b. Kebutuhan Irigasi

Untuk kebutuhan irigasi direncanakan mampu memenuhi daerah irigasi seluas 7004 ha sawah di bagian hilir bendungan dengan kebutuhan air 11.40 m<sup>3</sup>/det (*PT. Widya Graha Asana*), maka diperoleh kebutuhan untuk air irigasi yang sebesar 29,55 juta m<sup>3</sup>.

Sehingga, dapat diperoleh diperoleh kebutuhan tampungan efektif

waduk diperoleh dengan cara kebutuhan air baku (1,14 juta m<sup>3</sup>) + kebutuhan irigasi (29,55 m<sup>3</sup>) = 30,70 juta m<sup>3</sup> dan berada pada elevasi +240,50 m.

##### 2. Tampungan Mati

Pada perencanaan ini, diketahui data inflow sedimen sebesar 1200 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/tahun atau 1,2 mm/tahun (*PT. Widya Graha Asana*). Sehingga, diperoleh volume tampungan mati sebesar 11.05 juta m<sup>3</sup> berada pada elevasi +220,75 dengan umur layanan 50 tahun.

Jadi, dapat diperoleh tampungan total dengan cara tampungan efektif (30,70 juta m<sup>3</sup>) + tampungan mati (11,05 juta m<sup>3</sup>) = 41,75 juta m<sup>3</sup> yang berada pada elevasi +248,29 m.

## 4.7 | Penelusuran Banjir (*Flood Roating*)

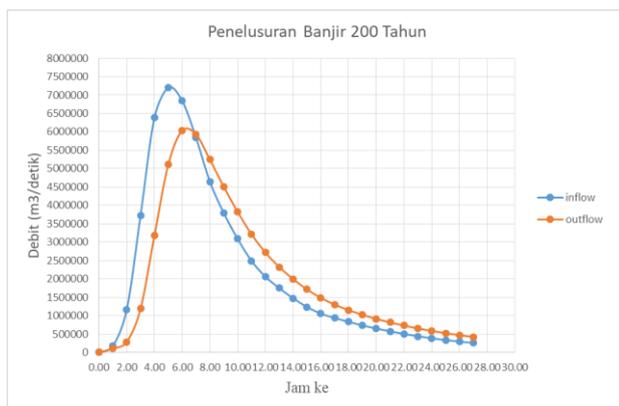
Penelusuran banjir melalui pelimpah ini bertujuan mendapatkan hubungan antara pengeluaran (*outflow*) dan elevasi muka air waduk yang dimulai dari elevasi ambang pelimpah.

Debit yang melimpah melalui pelimpah (*spillway*) diperhitungkan atas dasar debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun, 1000 tahun dan QPMF. Dalam hal ini *spillway* dianggap sebagai ambang lebar dan direncanakan *Spillway* bentuk *Ogge* tipe terbuka dengan :

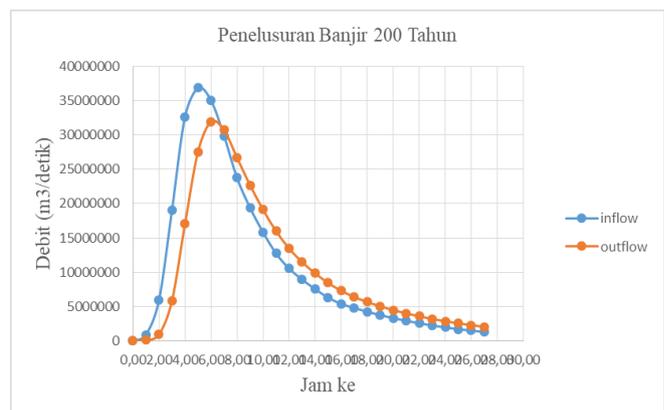
$$C_d = 2$$

$$B_{rencana} = 45 \text{ m}$$

$$\Delta t = 1$$



**GAMBAR 13** Grafik Penelusuran Banjir Periode Ulang 200 tahun



**GAMBAR 14** Grafik Penelusuran Banjir Periode Ulang QPMF

## 4.8 | Desain Dimensi Tubuh Bendungan

### 1. Desain Dimensi Tubuh Bendungan

#### a. Tinggi Muka Air Normal

Elevasi muka air normal ditentukan berdasarkan tampungan waduk.

Dari perhitungan tampungan waduk diperoleh sebesar 41,75 juta m<sup>3</sup> dan berada pada elevasi +248,30 m.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi muka air normal } (h_0) &= EL_{MAN} - EL_{Dasar Saluran} \\ &= 229,00 - 175 \\ &= 54,00 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Tinggi Muka Air Banjir ( $h_1$ )

Dari perhitungan penelusuran banjir diperoleh elevasi muka air banjir periode ulang 200 tahun pada elevasi +259,44 m

$$\begin{aligned} \text{Tinggi muka air banjir } (h_1) &= EL_{MAB} - EL_{Dasar Saluran} \\ &= 259,44 - 175 \\ &= 84,44 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2. Desain Hidrolis Bendungan

#### a. Tipe Bendungan

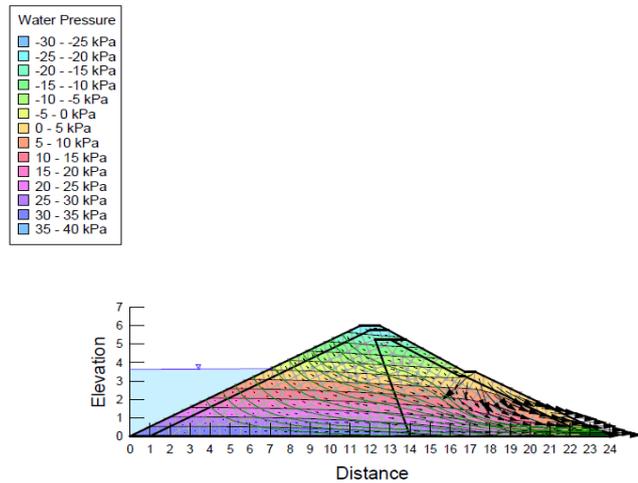
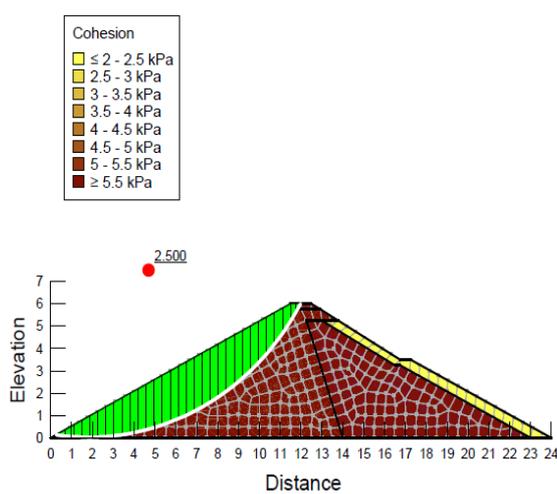
Pemilihan tipe bendungan didasari oleh pertimbangan kondisi topografi, geologi, keadaan material, serta pertimbangan teknik pelaksanaannya.

Jadi, dalam studi ini digunakan bendungan tipe urugan batu dengan lapis permukaan beton (CFRD) sesuai dengan tipe perencanaan bendungan yang ada.

## 4.9 | Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan

Perhitungan stabilitas pada tubuh bendungan Karalloe dilakukan dengan menggunakan program *Software GeoStudio SLOPE/W 2018*. Perhitungan stabilitas pada tubuh bendungan Karalloe dilakukan pada 3 kondisi yaitu kondisi setelah konstruksi, kondisi muka air banjir dan kondisi muka air normal.

Batas aman rembesan berdasarkan debitnya mengikuti Pedoman Grouting Untuk Bendungan Departemen Pekerjaan Umum-SDA yang mengacu pada batasan yang berlaku di Jepang (*Japanese Institute of Irrigation and Drainage 1988*) nilai angka rembesan yang diperkenankan pada bendungan yaitu sebanyak total rembesan dari waduk yang melewati pondasi dan tubuh bendungan tidak boleh lebih dari 1% rata-rata debit sungai yang masuk ke dalam waduk.



**GAMBAR 15** Stabilitas lereng *upstream* setelah konstruksi

**GAMBAR 16** Analisis Rembesan dengan Seep/W pada muka air Banjir

## 5 | KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian maka kesimpulan yang dapat kami simpulkan pada penelitian ini , antara lain :

1. Dari hasil analisis stabilitas pada kondisi setelah konstruksi pada bagian hulu didapatkan angka keamanan sebesar 2,500 dan radius kritikal sebesar 11,60 dan bagian hilir didapatkan angka keamanan sebesar 2,493 dan radius kritikal sebesar 20,559. Dengan menggunakan pemodelan *Software Geostudio 2018* dinyatakan aman dan memenuhi syarat.
2. Dari hasil analisis stabilitas bendungan terhadap rembesan pada kondisi muka air banjir bagian hulu didapatkan angka keamanan sebesar 3,152 dan radius kritikal sebesar 11,835 sedangkan total rembesan  $2,720 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Dan bagian hilir didapatkan angka keamanan sebesar 1,570 dan radius kritikal sebesar 11,72. Dengan menggunakan pemodelan *Software Geostudio 2018* dinyatakan aman dan memenuhi syarat.
3. Dari hasil analisis stabilitas bendungan terhadap rembesan pada kondisi muka air banjir bagian hulu didapatkan angka keamanan sebesar 2,466 dan radius kritikal sebesar 11,835 sedangkan total rembesan  $1,994 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Dan bagian hilir didapatkan angka keamanan sebesar 1,828 dan radius kritikal sebesar 11,865. Dengan menggunakan pemodelan *Software Geostudio 2018* dinyatakan aman dan memenuhi syarat.
4. Bambang Triatmodjo, (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: PenerbitBeta Offset Yogyakarta.

## 6 | DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo, (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: PenerbitBeta Offset Yogyakarta.
- BR, Sri Harto, (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- C. D. Soemarto, (1999). *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- D. J. (2006). *Analisis Dinamik Bendungan Urugan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Gowa, K. K. A. B., & Sirajuddin, A. (2019). *SKRIPSI STUDI PERENCANAAN TEKNIS KONSTRUKSI TUBUH BENDUNGAN KARALLOE KAB. GOWA Oleh:*
- Hamdhan, I. (2019). *Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati dengan Metode Elem Hingga Model 2D dan 3D*. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* .
- Indonesia, S. N. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Kementerian PUPR Republik Indonesia, (2021). *Pembangunan Bendungan Karalloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan*. Makassar : Direktorat Jendral Sumber Daya Air.
- Mawardi Erman, Memed Moch, (2010). *Desain Bangunan Bangunan Irigasi*. Bendung.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun (2010)
- Soedibyo, (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Sosrodarsono, Suyono & Takeda, Kensaku. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono & Takeda, Kensaku, (2002). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Sundry, D. dan Azmeri, (2013). *Kajian Kestabilan Tubuh Waduk Rukoh Kecamatan Titieu Keumala Kabupaten Pidie*. (<https://scholar.google.co.id>)