



Analisis Hidrologi Berdasarkan Periode Ulang Parameter Curah Hujan untuk Perhitungan Kapasitas Bendungan Lau Simeme

Rut Laras S. Lumbanraja¹, Immanuel Jhonson A. Saragih²

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi 9.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

23 September 2023

ABSTRACT

Hydrological analysis was crucial in water infrastructure planning as it affected the planned flood discharge and construction stability. Exceeding the normal discharge could lead to floods. Flood risk analysis employed rainfall analysis. This study analyzed annual flood occurrences within the return periods of 2, 5, 10, 20, 25, 50, and 100 years. A return period was the interval within which a certain rainfall might occur, but not necessarily every T years. The study calculated rainfall values for various return periods (R) using the Normal Method, Log Person III Method, and Gumbel Method. The results revealed that the highest rainfall values were obtained with the Gumbel Method, specifically $R_2 = 107.080$ mm, $R_5 = 130.618$ mm, $R_{10} = 144.358$ mm, $R_{20} = 154.965$ mm, $R_{25} = 157.914$ mm, $R_{50} = 166.723$ mm, and $R_{100} = 175.784$ mm. These values were utilized to compute the Planned Flood Discharge (Q), which included $Q_2 = 2338.29$ m³/sec, $Q_5 = 2855.71$ m³/sec, $Q_{10} = 3156.12$ m³/sec, $Q_{20} = 3387.91$ m³/sec, $Q_{25} = 3452.57$ m³/sec, $Q_{50} = 3645.07$ m³/sec, and $Q_{100} = 3843.18$ m³/sec.

Keywords: *Hydrological Analysis · Maximum Discharge · Rainfall · Return Period*

PENDAHULUAN

Analisis hidrologi memiliki peran krusial dalam perencanaan struktur bangunan air (Pusdiklat SDA dan Konstruksi KemenPUPR, 2017a). Hal ini penting karena analisis hidrologi memungkinkan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana, yang akan memiliki dampak besar pada stabilitas serta dimensi konstruksi yang direncanakan. Salah satu jenis konstruksi yang sangat bergantung pada siklus hidrologi adalah bendungan (Syarifudin, 2017). Bendungan berfungsi sebagai pengatur aliran air dalam kondisi yang terkontrol, baik itu untuk menyimpan air saat musim hujan maupun mengalirkan air selama musim kemarau (Hatmoko, 2021). Dengan kata lain, bendungan berperan sebagai elemen pengendalian banjir. Air yang disimpan dalam bendungan umumnya digunakan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, penyediaan air baku, mitigasi risiko banjir, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat setempat.

✉ Rut Laras S. Lumbanraja
rut.lumbanraja@gmail.com

✉ Immanuel Jhonson A. Saragih
immanuel.saragih@bmgk.go.id

¹ Prodi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung, Medan – Sumatera Utara (Staf Dinas Perhubungan Kabupaten Batu Bara – Sumatera Utara)

² BMKG – Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang – Sumatera Utara

Pemerintah Republik Indonesia, khususnya melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kemen-PUPR), bersama Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera II - Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (SDA), telah mengambil langkah strategis dalam pengembangan bendungan di Provinsi Sumatera Utara. Salah satu contohnya adalah pembangunan bendungan multipurpose Lau Simeme, yang terletak di Kecamatan Sibiru-biru, Kabupaten Deli Serdang (KemenPUPR, 2022; Portal Informasi Indonesia, 2022). Bendungan Lau Simeme, yang pembangunannya dimulai pada tahun 2017, masuk dalam proyek strategis nasional (PSN) yang bertujuan untuk mendukung ketahanan pangan dan pasokan air. Bendungan ini diharapkan akan memiliki peran penting dalam mendukung sektor pertanian sebagai sumber irigasi untuk lahan pertanian, mengurangi risiko banjir, dan memasok air baku untuk Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang (KemenPUPR, 2022).

Perubahan iklim saat ini telah menyebabkan peningkatan kejadian hujan ekstrem di Indonesia (IPCC, 2014; Suripin & Kurniani, 2016). Oleh karena itu, perubahan tren curah hujan menjadi faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam analisis hidrologi, terutama dalam konteks perencanaan bangunan air (Izzi dkk., 2017; Syarifudin, 2017). Berdasarkan konteks yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi periode ulang curah hujan di wilayah sekitar bendungan Lau Simeme. Data curah hujan yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung debit aliran sungai dan debit banjir rancangan di bendungan Lau Simeme. Melalui penelitian ini, diharapkan akan diperoleh informasi mengenai kapasitas pelimpah pada bendungan Lau Simeme berdasarkan analisis frekuensi banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Percut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi para pemangku kepentingan untuk meningkatkan pengelolaan sumber air bendungan Lau Simeme agar lebih optimal.



Gambar 1. Tampak atas dari Bendungan Lau Simeme – Deli Serdang (Sumber: BWS Sumatera II)

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Hidrologi

Dalam teknik sipil, hidrologi memiliki peran kunci dalam berbagai proyek konstruksi (Amri dkk., 2018). Hidrologi memfokuskan pada studi pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh planet, termasuk memahami siklus air dan sumber daya air (Tallar, 2023). Dalam konteks konstruksi, informasi mengenai kondisi air hujan dan air tanah sangat penting untuk menghindari potensi bencana. Terutama, perhitungan hidrologi yang akurat sangat diperlukan

untuk mengantisipasi risiko banjir, terutama dalam lingkungan perkotaan (Triatmodjo, 2008). Besarnya potensi banjir dapat dianalisis dalam periode tertentu yang disebut periode tahunan (T) (Tahmid, 2020). Periode tahunan T mengindikasikan seberapa sering hujan ekstrem diperkirakan terjadi dalam rentang waktu T-tahun, meskipun tidak selalu terjadi setiap T-tahun. Analisis hidrologi mencakup tiga aspek utama: aliran masuk (in-flow), penampungan, dan desain banjir untuk menentukan dimensi dan kapasitas pelimpah (spillway) bangunan (Pusdiklat SDA dan Konstruksi KemenPUPR, 2017b). Dalam pembangunan bendungan, analisis hidrologi melibatkan berbagai perhitungan, termasuk estimasi air permukaan yang tersedia, estimasi kehilangan air akibat berbagai faktor seperti penguapan dan rembesan, perhitungan kebutuhan air untuk berbagai keperluan seperti pertanian, industri, dan kebutuhan masyarakat lokal, estimasi risiko banjir atau desain banjir, perencanaan sistem drainase di wilayah perkotaan dan daerah aliran sungai, serta penentuan dimensi dan bentuk konstruksi yang sesuai (Hatmoko, 2021; Kamiana, 2010; Pusdiklat SDA dan Konstruksi KemenPUPR, 2017a; Syarifudin, 2017; Tallar, 2023).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah konsep fundamental dalam ilmu hidrologi yang memengaruhi manajemen sumber daya air dan perencanaan infrastruktur seperti bendungan (Tallar, 2023). DAS adalah wilayah geografis yang dibatasi oleh pegunungan atau punggung gunung, di mana semua air hujan yang jatuh dalam wilayah ini mengalir menuju sungai utama yang membentuk sistem sungai dalam DAS tersebut. Pentingnya DAS dalam konteks bendungan dan analisis hidrologi adalah karena peran utamanya dalam menentukan sumber air bagi bendungan dan mengatur aliran air dalam sungai-sungai tersebut (Asdak, 2023).

Luas DAS memiliki pengaruh besar terhadap debit sungai, karena semakin besar luas DAS, semakin besar aliran permukaan (debit) sungai karena ada lebih banyak air hujan yang mengalir ke dalam sungai tersebut (Pawitan, 2003). Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang topografi DAS, distribusi curah hujan, dan pola aliran air sangat penting dalam perencanaan dan manajemen bendungan. Dalam praktiknya, analisis hidrologi digunakan untuk memahami hubungan antara curah hujan dan aliran sungai di DAS. Data curah hujan yang lebih tersedia dibandingkan data debit sungai, sehingga dapat mencari korelasi antara curah hujan dan debit sungai untuk memprediksi aliran air yang masuk ke waduk bendungan. DAS adalah sistem yang mengubah curah hujan (input) menjadi debit sungai (output) di titik pelepasan air sungai (outlet).

Bendungan

Bendungan adalah infrastruktur yang memiliki peran vital dalam manajemen air dan sumber daya air (UGM, 2022). Dibangun untuk berbagai tujuan, bendungan berfungsi sebagai penampungan air yang mengatur pasokan air sepanjang tahun. Selain itu, mereka memiliki peran penting dalam memitigasi risiko banjir dan memberikan sumber air selama musim kemarau. Jenis bendungan bervariasi tergantung pada desain dan material konstruksinya, termasuk bendungan gaya berat, bendungan busur, bendungan berpenopang, bendungan urug, bendungan urugan batu, dan bendungan tanah.

Keberhasilan sebuah bendungan sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis dan geologis wilayah sekitarnya (Soediby, 2003). Faktor topografi, geologi, dan iklim menjadi penentu

utama dalam perencanaan dan pembangunan bendungan. Parameter kunci yang harus dipertimbangkan dalam desain bendungan mencakup volume hidup dan mati (live- and dead-storage), tinggi maksimum permukaan air, tinggi minimum permukaan air, serta konfigurasi bangunan pelimpah. Selain manfaat langsung dalam penyimpanan air, bendungan juga berkontribusi pada pengembangan daerah sekitarnya dengan menyediakan pasokan air yang stabil untuk berbagai keperluan seperti pertanian, pasokan air minum, dan pembangkit listrik tenaga air. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dan fungsi bendungan sangat penting dalam manajemen sumber daya air dan infrastruktur perkotaan.

Analisis Curah Hujan

Curah hujan adalah total air hujan yang turun di suatu lokasi selama periode tertentu, diukur dalam milimeter (mm) (Zakir dkk., 2010). Sebagian curah hujan menjadi aliran permukaan, termasuk limpasan permukaan dan interflow (aliran yang meresap ke dalam lapisan bawah permukaan tanah yang memiliki tingkat peresapan rendah, kemudian muncul di daerah yang lebih rendah, berubah menjadi limpasan permukaan) (Andawayanti, 2019; Zakwandi, 2023). Limpasan permukaan adalah air yang mengalir di atas tanah menuju saluran air selama hujan, dan istilah "saluran" mencakup setiap aliran air yang terjadi selama hujan atau segera setelahnya. Jarak yang ditempuh oleh air sebagai limpasan permukaan biasanya relatif pendek, jarang melebihi ratusan kaki. Pembagian hidrograf menjadi limpasan langsung dan limpasan air tanah adalah dasar analisis hidrograf yang dikenal sebagai analisis hidrograf (hydrograph analysis) (Reddy, 2005).

Analisis frekuensi curah hujan adalah pendekatan statistik untuk memprediksi kemungkinan terjadinya peristiwa hujan tertentu dalam perencanaan hidrologi (Sofia & Nursila, 2022). Analisis ini bergantung pada karakteristik statistik dari data curah hujan masa lalu untuk memperkirakan probabilitas curah hujan di masa depan. Teori ini mengasumsikan bahwa karakteristik statistik curah hujan akan tetap konstan dari masa lalu ke masa depan. Analisis frekuensi curah hujan memerlukan berbagai data dan metode, termasuk analisis pola curah hujan, distribusi curah hujan badai, hujan efektif, hubungan antara curah hujan dan limpasan, serta perencanaan aliran banjir melalui waduk (reservoir flood routing). Analisis frekuensi dalam hidrologi dapat menggunakan beberapa jenis distribusi frekuensi, yaitu (Indarto, 2016; Suwignyo, 2021):

- 1) Distribusi Normal, nilai asimetrisnya (skewness) hampir sama dengan nol ($C_s \approx 0$) dengan kurtosis = 3;
- 2) Distribusi Log Normal, nilai asimetrisnya (skewness) C_s hampir sama dengan 3 dan bertanda positif, atau dengan nilai C_s kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien variansi C_v ;
- 3) Distribusi Gumbel tipe I, nilai asimetrisnya (skewness) $C_s \approx 1,1396$;
- 4) Distribusi Pearson tipe III, Tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini.

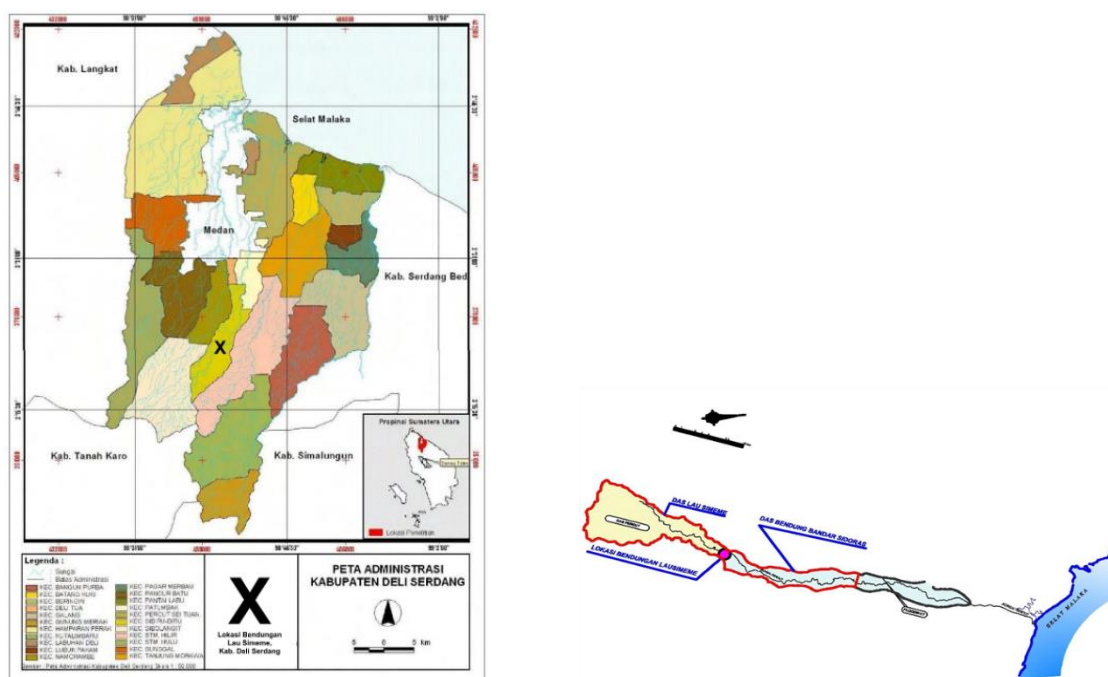
Curah hujan desain untuk periode ulang tertentu dapat diprediksi secara statistik berdasarkan data curah hujan maksimum harian tahunan selama periode panjang (lebih dari 20 tahun) menggunakan analisis distribusi frekuensi. Periode ulang yang umumnya digunakan termasuk 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, dan 1000 tahun. Selain itu, untuk perencanaan bangunan

pelimpah, perlu juga menghitung Probable Maximum Precipitation (PMP) atau curah hujan maksimum yang mungkin terjadi (Kunkel dkk., 2013).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Bendungan Lau Simeme terletak di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Percut, yang berada di Desa Rumah Gerat, Kecamatan Sibiru-biru, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Koordinat geografisnya adalah antara 2°0'57" hingga 3°0'16" LU dan 98°0'33" hingga 99°0'27" BT.



Gambar 2. Peta administrasi Kabupaten Deli Serdang dan lokasi penelitian (tanda X) (kiri) dan peta lokasi bendungan Lau Simeme (kanan) (Sumber: BWS Sumatera II)

Data dan Metode Penelitian

Setelah mengidentifikasi permasalahan lapangan, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data pendukung untuk mengatasi permasalahan tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat sekunder dan diperoleh dari berbagai sumber, termasuk BWS Sumatera II, konsultan perencana, dan kontraktor pelaksana di lapangan. Daerah studi untuk Bendungan Lau Simeme terletak di DAS Percut, dengan panjang sungai (L) mencapai 25.24 km. Berdasarkan peta topografi, luas DAS STA Tongkoh Karo adalah sekitar 99,82 km². Berikut adalah data-data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini:

- 1) Peta *Catchment Area* atau daerah tangkapan digunakan untuk menghitung luas DAS.
- 2) Data curah hujan selama 12 tahun (periode tahun 2004-2015) digunakan untuk menghitung rata-rata curah hujan dan debit aliran rata-rata.
- 3) Data Debit Sungai dari Stasiun AWLR Tembung-Percut.

- 4) Data parameter klimatologi Kabupaten Deli Serdang berdasarkan pengamatan di Stasiun Klimatologi Deli Serdang (BMKG), meliputi parameter suhu udara rata-rata, kelembaban relatif, lamanya penyinaran matahari (LPM), dan kecepatan angin di daerah penelitian. Data ini digunakan untuk menghitung evapotranspirasi di daerah penelitian.
- 5) Data teknis tentang bendungan, seperti volume tampungan waduk dan elevasi *upstream* dan *downstream*.

Untuk menghitung curah hujan rencana, penelitian ini melakukan analisis frekuensi data curah hujan maksimum menggunakan tiga jenis distribusi hidrologi, yaitu Metode Normal, Metode Log Pearson tipe III, dan Metode Gumbel. Berikut penjelasan masing-masing metode tersebut:

Metode Normal

$$R_t = R_r + K_t \cdot S_d \tag{1}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{(n - 1)}} \tag{2}$$

dimana R_t adalah curah hujan rencana untuk periode ulang T-tahun (dalam mm), R_r adalah curah hujan rata-rata (dalam mm), K_t adalah faktor frekuensi untuk periode ulang T-tahun dalam tabel (G atau Cs), dan S_d atau SD adalah nilai standar deviasi dari data curah hujan R.

Metode Log Pearson tipe III

$$SD = \sqrt{\frac{(\log x_i - \log x)^2}{(n - 1)}} \tag{3}$$

$$C_s = \frac{(\log x_i - \log x)^2}{(n - 1)(n - 2)SD^2} \tag{4}$$

Metode Gumbel

$$R_t = R + K \cdot S_n \tag{5}$$

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \tag{6}$$

dimana R adalah nilai rata-rata dari data hujan, Y_t dan Y_n adalah masing-masing nilai *Reduced Variate* dan *Reduced Mean* (berdasarkan tabel Gumbel), dan S_n adalah nilai *Reduced Standard Deviation* (berdasarkan tabel Gumbel).

Perhitungan debit banjir dilakukan menggunakan persamaan berikut (Yendri dkk., 2023):

$$Q_t = (\alpha)(\beta)(qnt)(A) \tag{7}$$

dimana Q adalah debit yang diestimasi untuk periode T-tahun, α adalah koefisien pengaliran (tetap = 0.440), β adalah koefisien *run-off* (tetap = 0.814), qnt adalah intensitas maksimum aliran air, dan A adalah luas daerah aliran (dalam km²). Perhitungan nilai penyaluran konsentrasi (t) menggunakan persamaan berikut (Yendri dkk., 2023):



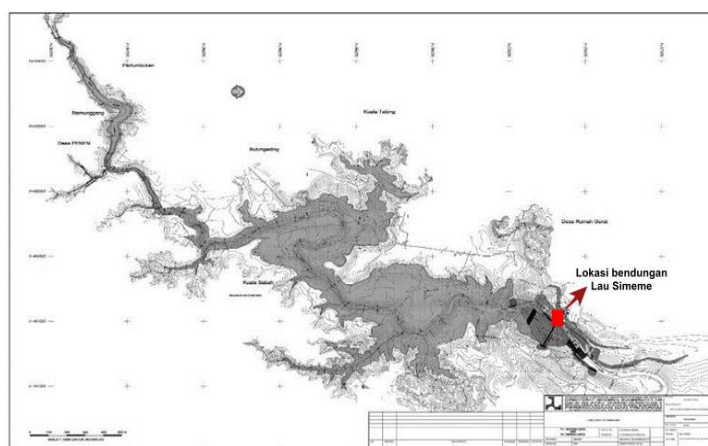
$$t = (0.1)\{(L')^{0.8}\}\{(I)^{-0.3}\} \quad (8)$$

dimana L' merupakan 90% dari panjang sungai (L) dan I adalah kemiringan sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Genangan

Sumber air untuk Bendungan Lau Simeme berasal dari aliran sungai Percut. Daerah yang terendam oleh bendungan ini mencakup sebagian wilayah Kecamatan Sibiru-biru, termasuk Desa Rumah Gerat hingga Desa Penen dengan total luas mencapai 126.86 hektar, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Peta daerah genangan bendungan Lau Simeme (Sumber: BWS Sumatera II)

Kondisi Topografi

Menurut laporan perencanaan Bendungan Lau Simeme, wilayah DAS Percut memiliki karakteristik topografi yang terbentuk akibat aktivitas Gunung Toba. Lokasi bendungan terletak di area ngarai yang curam, yang terbentuk oleh erosi sungai. Sungai Percut mengalir dari barat daya ke timur laut dengan kelokan yang relatif kecil. Lebar sungai di lokasi rencana bendungan sekitar 40 meter, dan ketinggian relatif dari dasar sungai ke puncak sandaran berkisar antara 85-110 meter. Sandaran ini terdiri dari batuan dasar yang memiliki kemiringan curam, dengan sudut lereng sekitar 45-50 derajat. Berikut adalah kondisi topografi di sekitar Bendungan Lau Simeme:

- 1) Puncak sandaran di sisi kiri cenderung menurun dan melebar seiring ke arah hulu sungai.
- 2) Di tengah tumpuan di sisi kiri, terdapat kemiringan yang sangat curam hingga mencapai 45 derajat.
- 3) Puncak sandaran di sisi kanan memiliki ketinggian dan lebar yang memadai.

Kondisi Geologi

Dasar Bendungan Lau Simeme bertumpu pada lapisan batuan Piroklastik Tufa Toba (Qvt) yang tumpang tindih tidak sejajar di atas satuan batuan Epiklastik dari Gunung Api Mentar (QTvm). Lapisan batuan ini ditutupi oleh lapisan tanah pelapukan setebal $\pm 2-10$ meter. Di daerah aliran sungai, terdapat endapan alluvial, termasuk sebagian longsor (koluvial) dengan ketebalan tipis sekitar $\pm 1-2$ meter.

Hasil pengamatan lapangan dan analisis inti bor dari tahun 2007 (lubang bor D-20 70m, D-21 100m, D-22 80m, D-23 80m, D-19 60m, dan D-33 100m) serta tahun 2016 (DH-3 100m,

DH-0 90m, DH-10 80m, DH-11 90m) mengungkapkan bahwa batuan dasar pondasi bendungan terdiri dari breksi gunung api (breksi tufaan), batu pasir tufaan, dan setempat tuf pasiran.

Batuan ini dalam kondisi yang aman dan kuat, dengan tingkat kekerasan sedang (CL-CM) atau kuat tekan uniaksial yang cukup tinggi, berkisar antara 40 kg/cm² hingga lebih dari 200 kg/cm². Bagian yang lapuk, terutama di dekat permukaan hingga kedalaman 20 meter, memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah, berkisar antara ≤ 10 hingga 20 kg/cm². Karena pondasi bendungan mengalami retakan-retakan dan sebagian besar memiliki sifat semi-permeabel hingga permeabel, dengan nilai Lugeon (Lu) antara 5 hingga lebih dari 50, dianjurkan untuk melakukan perbaikan pondasi dengan teknik grouting hingga kedalaman 35 meter guna mengurangi potensi rembesan air.

Kondisi Hidrologi dan Klimatologi

Berdasarkan aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Percut, perkiraan debit sungai dasar di Bendungan Lau Simeme adalah sekitar 4.8 m³/s selama musim hujan dan sekitar 1.4 m³/s selama musim kemarau, dengan panjang sungai Percut mencapai sekitar 25.24 km. Di lokasi DAS Percut, terdapat tiga stasiun pengukuran curah hujan, yaitu Stasiun Hujan Tanjung Morawa, Stasiun Hujan Tongkoh Karo, dan Stasiun Hujan Tuntungan. Berikut adalah distribusi data curah hujan dari stasiun-stasiun tersebut:

Tabel 1. Data curah hujan bulanan Stasiun Tongkoh Karo (dalam mm)

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	189	217	215	371	204	97	253	48	409	286	501	261
2	2005	220	89	185	225	125	37	58	131	101	246	221	340
3	2006	78	347	126	347	234	134	65	165	191	354	284	324
4	2007	187	198	161	268	315	202	121	177	179	436	186	221
5	2008	167	215	537	294	51	164	216	231	170	484	241	241
6	2009	335	96	287	267	173	58	70	86	133	419	399	305
7	2010	205	204	124	266	159	202	247	268	283	68	363	224
8	2011	257	225	188	252	215	126	6	596	158	207	320	233
9	2012	62	291	224	333	224	103	229	201	76	464	481	327
10	2013	328	502	177	332	263	110	45	233	189	467	350	466
11	2014	157	68	135	530	143	67	36	244	184	491	412	372
12	2015	220	125	44	343	200	299	61	206	169	494	338	269

Tabel 2. Data curah hujan bulanan Stasiun Tuntungan (dalam mm)

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	101,5	104,5	287	167,5	177,5	226,6	314,5	228,9	543	456	190,7	218,2
2	2005	422	44,6	100,1	85	317,9	188	189,2	122,7	221,1	264,6	155,2	381,1
3	2006	76,7	470,8	142	232,7	303,2	381,5	259	249	385,7	471,6	327,7	189,2
4	2007	189	55	26	163,2	372,8	115,4	200,3	219,8	378	485,2	335,9	293
5	2008	163,4	134,5	188,2	214,5	224	118,5	153,7	179	538,2	275	208,9	210,3
6	2009	204,5	93,8	331,6	196,6	403,4	138,4	45,9	49,8	229,5	305,6	241,8	111,1
7	2010	192,2	41	215,4	47	113,8	169	135,9	230,2	255,9	255,5	490	363,9
8	2011	313,9	34	596,2	102,7	254,9	282,7	177,4	251,9	317,5	536,8	246,2	220,3
9	2012	118	75	182	376	468	78	291	224	168	278	245	277
10	2013	287,8	226,8	257	187,2	452,6	146,9	187,1	484	429	642	161	467
11	2014	51,2	57,3	94,8	161,7	252,8	160,2	192,8	334,8	317,3	341,9	291	179,4
12	2015	171,3	283,6	115,8	96	510	101,6	258,3	279,4	270,3	334,8	550,6	278

Tabel 3. Data curah hujan bulanan Stasiun Tanjung Morawa (dalam mm)

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	229,9	219	151	142	96	186,8	118	162,8	474	34	110,6	230
2	2005	383,4	165	41,9	56	198	241,3	216,5	86	245,5	653,4	493	1062,5
3	2006	38	29,2	45,5	137,7	176,7	85,6	99	131	294,5	412,9	305,9	256,7
4	2007	263	65	24	104,5	324	107,5	51	278,5	278,5	460,6	261	257
5	2008	197,9	148	166	75	70	244,8	0	192,8	404	661	261,6	225,7
6	2009	133,9	34,8	199,4	145,4	225,2	26,2	132,3	120,8	231,4	226,1	316,8	308,1
7	2010	185,3	34,1	91,5	45,1	131,7	167,5	269,7	115,3	56,4	115,4	216,3	143,5
8	2011	166	56,5	228	211	122	33	178	237	152	104	296	137
9	2012	77	50	89	303	378	100	87	248	218	256	315	126
10	2013	133	203	78	134	10	254	77	235	173	431	53	348
11	2014	55	9	87	33	120	46	79	165	427	319	246	328
12	2015	53	56	12	95	206	0	201	226	184	85	272	92

Tabel 4. Data parameter klimatologi di Kabupaten Deli Serdang

No	Bulan	Suhu Udara (°c)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Lama Penyinaran Matahari (%)
1	Januari	28,00	82,0	1,40	45,0
2	Februari	27,50	84,0	1,45	40,8
3	Maret	28,50	82,0	1,15	66,7
4	April	28,80	80,0	1,20	46,7
5	Mei	27,65	80,0	1,35	65,8
6	Juni	27,90	78,0	1,30	71,7
7	Juli	28,10	81,0	1,25	58,3
8	Agustus	28,50	84,0	1,20	49,2
9	September	28,90	84,0	1,10	43,3
10	Oktober	27,40	85,0	1,15	40,0
11	November	27,40	86,0	1,15	41,7
12	Desember	27,25	89,0	1,35	33,3
	Rata-rata	27,99	82,9	1,25	50,2

Kondisi Debit Sungai

Berdasarkan hasil kontrol dengan menggunakan data debit sungai dari Stasiun Pengamatan Debit Air (AWLR) Tembung Percut, yang terletak di hulu Bendungan Bandar Sidoras, diperoleh hasil kontrol. Daerah Aliran Sungai (DAS) Lau Simeme memiliki luas sekitar ± 99.82 km², sedangkan DAS Tembung memiliki luas sekitar ± 170.932 km².

Tabel 5. Data debit sungai AWLR Tembung-PercuT-tahun 2009-2015 (dalam m³/det)

Bulan	Periode	Debit							Rerata Bulanan
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Jan	I	21,215	6,865	14,622	7,698	8,69	7,894	29,403	13,770
	II	17,531	7,986	5,52	10,774	8,643	5,586	7,241	9,040
Feb	I	8,358	5,144	5,419	10,033	9,931	5,096	2,818	6,686
	II	6,707	4,261	3,807	12,582	9,393	5,309	3,362	6,489
Mar	I	9,154	4,279	3,531	11,878	10,963	4,514	1,505	6,546
	II	11,998	3,228	4,297	12,138	12,128	4,663	1,245	7,100
Apr	I	12,732	3,213	9,497	8,449	13,391	5,899	0,819	7,714
	II	10,069	4,094	4,028	8,756	14,409	5,258	1,94	6,936
Mei	I	20,219	4,039	3,71	9,429	14,759	5,483	2,589	8,604
	II	8,81	3,719	4,076	13,117	14,348	6,515	3,236	7,689
Jun	I	4,891	4,475	3,887	14,637	13,226	5,771	1,446	6,905
	II	4,227	3,545	3,563	13,746	15,482	4,395	0,125	6,440



Bulan	Periode	Debit							Rerata Bulanan
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Jul	I	4,618	4,466	3,054	15,58	14,986	4,664	0,155	6,789
	II	3,209	6,283	3,013	13,331	17,059	3,766	0,083	6,678
Ags	I	5,422	9,756	2,453	12,93	15,428	4,838	0,516	7,335
	II	6,514	5,927	2,824	15,522	13,145	5,558	1,217	7,244
Sep	I	10,917	4,396	5,08	13,809	11,56	6,76	2,279	7,829
	II	11,463	4,075	8,521	14,392	14,678	6,71	0,782	8,660
Okt	I	10,069	4,292	15,83	16,785	11,39	6,977	2,08	9,632
	II	13,727	3,562	19,183	14,521	9,911	9,214	5,152	10,753
Nov	I	19,518	4,391	24,174	9,655	24,828	8,281	5,805	13,807
	II	14,185	4,075	19,527	11,355	3,929	11,093	14,252	11,202
Des	I	12,4	7,082	22,499	9,012	5,791	6,719	9,59	10,442
	II	9,294	7,856	22,137	9,522	10,655	11,831	9,882	11,597
Rata-Rata		10,719	5,042	8,927	12,069	12,447	6,366	4,480	8,579

Kondisi Geometrik Bendungan

Bendungan Lau Simeme adalah jenis bendungan urugan rockfill dengan tinggi sekitar ± 73.5 m, jarak antara elevasi air normal dan puncak bendungan sekitar ± 6.7 m, dan lebar puncak bendungan sekitar ± 11.0 m. Muka air normal direncanakan berdasarkan kebutuhan volume efektif yang dihasilkan dari simulasi pemanfaatan air bendungan, dengan tinggi air normal sekitar ± 246.8 m. Untuk muka air tinggi bendungan, berdasarkan perencanaan debit banjir dari hasil penelusuran banjir, didapatkan tinggi air banjir sekitar ± 253.5 m. Sedangkan muka air rendah direncanakan berdasarkan analisis produksi sedimen dan rencana umur bendungan selama 50 tahun. Diperkirakan akan terjadi pengendapan sekitar 4.4 juta m^3 , dengan tinggi air rendah direncanakan sekitar ± 224.20 m.

Tabel 6. Data teknis bendungan berdasarkan Laporan Perencanaan Bendungan Lau Simeme

No	Parameter	Nilai
1	Elevasi <i>Top Dam</i>	253,5 m
2	Elevasi (<i>Normal Water Level</i>)	246,8 m
3	Elevasi (<i>Low Water Level</i>)	224,2 m
4	<i>Sediment Level</i>	223 m
5	Elevasi <i>Tail Water</i>	183,5 m
6	Tampungan Efektif	16,67 juta m^3
7	Tampungan Total	21,07 juta m^3
8	Tampungan Mati	4,40 juta m^3

Analisis Curah Hujan

Berikut adalah data curah hujan harian maksimum per tahun selama periode 2004-2015:

Tabel 7. Data curah hujan harian maksimum

Tahun	Curah Hujan Max (mm)
2004	122
2005	81
2006	114
2007	112
2008	84
2009	94
2010	94
2011	122
2012	145

Tahun	Curah Hujan Max (mm)
2013	135
2014	113
2015	101

Analisis menurut Metode Normal

Tabel 8. Perhitungan curah hujan periode ulang T-tahun dengan Metode Normal

Periode Ulang T-tahun	Rr	Sd	Kt	Rt
2	109.75	19.72	0.000	109.75
5	109.75	19.72	0.840	126.31
10	109.75	19.72	1.280	134.99
20	109.75	19.72	1.640	142.09
25	109.75	19.72	1.751	34.64
50	109.75	19.72	2.050	150.18
100	109.75	19.72	2.330	155.69

Analisis menurut Metode Log Pearson tipe III

Tabel 9. Perhitungan curah hujan periode ulang T-tahun dengan Metode Log Pearson tipe III

Periode Ulang T-tahun	Log R	Kt = Ktabel	Sd	Log Rt	Rt
2	2.034	-0.0033	0.079	2.034	108.122
5	2.034	0.8408	0.079	2.100	125.953
10	2.034	1.4551	0.079	2.135	136.412
20	2.034	1.6569	0.079	2.164	145.881
25	2.034	1.7578	0.079	2.172	148.518
50	2.034	2.0646	0.079	2,196	156.904
100	2.034	2.3407	0.079	2.217	164.835

Analisis menurut Metode Gumbel

Tabel 10. Perhitungan curah hujan periode ulang T-tahun dengan Metode Gumbel

Periode Ulang T-tahun	R	Yt	Yn	Sn	Sd	K	Rt
2	109.75	0.367	0.495	0.950	19.72	-0.13	107.08
5	109.75	1.500	0.495	0.950	19.72	1.058	130.62
10	109.75	2.250	0.495	0.950	19.72	1.755	144.36
20	109.75	2.961	0.524	1.063	19.72	2.293	154.97
25	109.75	3.199	0.531	1.092	19.72	2.444	157.91
50	109.75	3.902	0.549	1.161	19.72	2.889	166.72
100	109.75	4.600	0.560	1.207	19.72	3.349	175.78

Hasil perhitungan curah hujan periode ulang T-tahun dengan Metode Normal, Metode Pearson tipe III, dan Metode Gumbel menunjukkan bahwa Metode Gumbel menghasilkan nilai tertinggi (Tabel 8, 9, 10, dan 11). Sebagai hasilnya, perhitungan curah hujan menggunakan Metode Gumbel digunakan sebagai curah hujan rencana tertinggi.

Tabel 11. Perbandingan perhitungan curah hujan periode ulang T-tahun

Periode Ulang T-tahun	Curah Hujan Rencana (Rt) mm		
	Metode Normal	Metode Log Person tipe III	Metode Gumbel
2	109.75	108.122	107.080
5	126.31	125.953	130.618
10	134.99	136.412	144.358
20	142.09	145.881	154.965
25	34.64	148.518	157.914
50	150.18	156.904	166.723
100	155.69	164.835	175.784

Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang T-tahun

Penelitian ini menghitung debit banjir periode ulang T-tahun dengan memanfaatkan parameter dari bendungan Lau Simeme, yaitu meliputi parameter berikut:

Tabel 12. Data kondisi bendungan Lau Simeme

Parameter	Nilai
Luas Daerah Aliran Sungai	99.82 km ²
Panjang Sungai terpanjang (L)	25.24 km
L' (=0.9 x L)	22.716 km
Elevasi di hulu	42 m
Elevasi daerah tinjauan	2.720 m
Kemiringan sungai (I)	0.00119°
Sumbu terpanjang (a)	21.146 km
Sumbu terpendek (b)	14.097 km
$(b = \frac{2}{3}(a))$	

Berikut adalah hasil perhitungan debit banjir dengan periode ulang T-tahun:

Tabel 13. Perhitungan debit banjir

Periode Ulang T-tahun	Rt	A (km ²)	α	β	t (jam)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)
2	98.843	99.82	0.440	0.814	12	6.548	2338.29
5	120.571	99.82	0.440	0.814	12	7.988	2855.71
10	133.254	99.82	0.440	0.814	12	8.828	3156.12
20	143.045	99.82	0.440	0.814	12	9.476	3387.91
25	145.770	99.82	0.440	0.814	12	9.657	3452.57
50	153.898	99.82	0.440	0.814	12	10.195	3645.07
100	162.262	99.82	0.440	0.814	12	10.749	3843.18

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Metode Normal, Metode Log Pearson tipe III, dan Metode Gumbel dapat digunakan untuk menghitung curah hujan periode ulang T-tahun. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Metode Gumbel menghasilkan curah hujan tertinggi, dengan nilai R2 = 107.080 mm, R5 = 130.618 mm, R10 = 144.358 mm, R20 = 154.965 mm, R25 = 157.914 mm, R50 = 166.723 mm, dan R100 = 175.784 mm (di mana R adalah periode ulang T-tahun). Nilai-nilai curah hujan ini digunakan untuk menghitung debit banjir periode ulang T-tahun, yang menghasilkan nilai Q2 = 2338.29 m³/det, Q5 = 2855.71 m³/det, Q10 = 3156.12 m³/det, Q20 = 3387.91 m³/det, Q25 = 3452.57 m³/det, Q50 = 3645.07 m³/det, dan Q100 = 3843.18 m³/det.

Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat beberapa rekomendasi langkah-langkah tertentu sebagai tindak lanjut penelitian. Untuk menjaga keamanan pengelolaan bendungan Lau Simeme, penelitian ini menyarankan penerapan debit banjir periode 100 tahun, yaitu debit sekitar 3843.18 m³/det. Penelitian ini juga menyarankan agar petugas pengelola bendungan Lau Simeme dan masyarakat sekitar menjaga lingkungan sekitar bendungan agar tidak mengganggu kondisi topografi dan geometri bendungan, sehingga kinerja bendungan tetap optimal. Salah satu tindakan yang dapat diambil adalah menjaga pelestarian lingkungan, khususnya dengan menghindari penebangan pohon secara sembarangan di sekitar bendungan. Untuk meningkatkan validitas hasil penelitian ini, penelitian ini merekomendasikan penggunaan data



yang lebih lengkap dengan kerapatan stasiun pengamatan yang lebih tinggi serta pengumpulan data dalam periode waktu yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., Besperi, B., & Negara, C. A. (2018). Analisis hidrologi untuk mendapatkan debit puncak sungai bengkulu dengan menggunakan hidrograf satuan sintetik nakayasu. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 6(2), 82–87.
- Andawayanti, U. (2019). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terintegrasi*. Universitas Brawijaya Press.
- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (H. Prasetyo, Ed.)*. Gadjah Mada University Press.
- Hatmoko, W. (2021). *Pengantar Perencanaan dan Pengoperasian Waduk (Z. A. Sari, Ed.)*. Penerbit Deepublish.
- Indarto. (2016). *HIDROLOGI: Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai (S. B. Hastuti, Ed.; I)*. Bumi Aksara.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*.
- Izzi, M., Miftah, M., & Pantouw, J. P. (2017). *Analisa Manfaat Mempertinggi Bendungan Cirata Terhadap Pengaruh Perubahan Iklim Dan Tata Guna Lahan Pada DAS Citarum - Jawa Barat [Skripsi]*. Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Kamiana, I. M. (2010). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (I)*. Graha Ilmu.
- KemenPUPR. (2022, Oktober 13). *Pasok Air Baku di Medan dan Deli Serdang, Bendungan Lau Simeme Ditargetkan Rampung Akhir 2023*. Berita. <https://www.pu.go.id/berita/pasok-air-baku-di-medan-dan-deli-serdang-bendungan-lau-simeme-ditargetkan-rampung-akhir-2023>
- Kunkel, K. E., Karl, T. R., Easterling, D. R., Redmond, K., Young, J., Yin, X., & Hennon, P. (2013). Probable maximum precipitation and climate change. *Geophysical Research Letters*, 40(7). <https://doi.org/10.1002/grl.50334>
- Pawitan, H. (2003). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA IPB. Bogor.
- Portal Informasi Indonesia. (2022, Maret 21). *Lau Simeme Penuhi Kebutuhan Air Bersih Kota Medan*. Editorial. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/4479/lau-simeme-penuhi-kebutuhan-air-bersih-kota-medan?lang=1>
- Pusdiklat SDA & Konstruksi KemenPUPR. (2017). *Modul Perhitungan Hidrologi*. Pusdiklat SDA dan Konstruksi KemenPUPR.
- Reddy, P. J. R. (2005). *A text book of hydrology*. Laxmi Publications.
- Sofia, D. A., & Nursila, N. (2022). Analisis Frekuensi Curah Hujan di Daerah Aliran Sungai Cimandiri Sukabumi. *SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)*, 4, 424–431.
- Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119–128.
- Suwignyo. (2021). *HIDROLOGI: Aplikasi untuk Teknik Sipil (A. Riyantono, Ed.)*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Syarifudin, A. (2017). *Hidrologi Terapan (E. Risanto, Ed.; I)*. Penerbit Andi.
- Tahmid, M. (2020). *Pemetaan Karakteristik Periode Ulang Curah Hujan Maksimum Di Kota Manado*.
- Zakwandi, R., Warsnono, W., Agustina, R. D., & Nuryantini, A. Y. (2023, April). Rainfall prediction in the district of Lima Puluh Kota using a Fourier transformation approach. In *AIP Conference Proceedings (Vol. 2646, No. 1)*. AIP Publishing.