

PERENCANAAN PERBAIKAN BENDUNG SUNGAI GERDU KECAMATAN BATEALIT KABUPATEN JEPARA BERDASARKAN ANALISIS HIDROLOGI DAN STABILITAS STRUKTUR

Muhammad Gustika Fardani Alquds¹, Noor Tri Afriansyah², Muhammad Munif³, Nor Hidayati, S.T., M.T⁴, Akhdan Raffi Putra Shofi⁵, Muhammad Arjun Fadli Kamal⁶.

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara¹²³⁴⁵⁶
Jl. Tanah Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara*

E-mail : noortriafriansyah@gmail.com

Abstrak

Bendung Sungai Gerdu, Kecamatan Batealit, Kabupaten Jepara merupakan bangunan air yang mengalami penurunan kinerja akibat kerusakan struktural. Penelitian ini bertujuan melakukan perencanaan perbaikan bendung melalui analisis hidrologi dan analisis struktur yang komprehensif. Analisis hidrologi dilakukan dengan mengumpulkan data curah hujan selama 10 tahun dari tiga stasiun pengamatan terdekat, kemudian menggunakan metode Poligon Thiessen untuk menentukan curah hujan rata-rata area. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III merupakan metode yang paling sesuai dengan data curah hujan. Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Haspers untuk berbagai periode ulang. Analisis struktur bendung mencakup perhitungan dimensi mercu bendung, lebar efektif bendung, dan analisis stabilitas terhadap penggulingan, geseran, dan eksentrisitas. Hasil perencanaan menunjukkan dimensi bendung yang optimal dengan ketahanan struktural yang memenuhi syarat keamanan. Penelitian ini memberikan solusi teknis untuk meningkatkan fungsi bendung dalam pengendalian banjir, penyediaan air irigasi, dan pengukuran debit sungai.

Kata Kunci: Bendung, Analisis Hidrologi, Debit Banjir, Stabilitas Struktur, Perencanaan Bendung

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan fundamental bagi kehidupan manusia dan merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk pembangunan berkelanjutan. Di Indonesia, air mempunyai peranan yang sangat luas dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari kebutuhan rumah tangga, pertanian, industri, hingga pembangkitan energi. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri yang semakin pesat, kebutuhan akan air terus meningkat secara signifikan. Saat ini, Bendung Sungai Gerdu yang terletak di Kecamatan Batealit, Kabupaten Jepara, mengalami penurunan kinerja yang mengkhawatirkan. Beberapa kerusakan telah teridentifikasi pada bagian struktur bendung, yang mengakibatkan operasional bendung tidak lagi berfungsi secara optimal dalam menjalankan peran-perannya.

Bendung adalah salah satu jenis bangunan air yang dibangun melintang sungai dengan tujuan utama untuk meninggikan elevasi muka air pada lokasi bendung. Air sungai yang permukaannya dinaikkan oleh bendung akan melimpas melalui puncak atau mercu

bendung ke arah hilir. Di Indonesia, bendung memiliki berbagai fungsi penting, diantaranya untuk meningkatkan muka air sungai sehingga air dapat dialirkan ke saluran irigasi untuk mengairi sawah dan lahan pertanian, mengendalikan dan mengurangi risiko banjir dengan menahan volume air yang tinggi dan mengontrol aliran air ke daerah hilir, mengukur debit sungai, serta memperlambat aliran sungai sehingga lebih mudah dilalui. Dengan perencanaan yang tepat dan perhitungan yang akurat, bendung dapat memberikan kontribusi maksimal dalam pengelolaan sumber daya air.

Perencanaan Bendung Sungai Gerdu ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air dan pengendalian banjir di Kabupaten Jepara. Penelitian ini melibatkan analisis hidrologi yang mendalam terhadap data curah hujan dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS), serta analisis hidrolika untuk menentukan dimensi optimal bendung. Selain itu, dilakukan juga analisis stabilitas struktur untuk memastikan bahwa bendung yang direncanakan dapat menahan berbagai beban dan gaya yang bekerja padanya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang komprehensif dan dapat diimplementasikan untuk perbaikan Bendung Sungai Gerdu.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan Bendung Sungai Gerdu dirancang secara sistematis untuk memastikan semua aspek teknis dipertimbangkan dengan baik. Tahapan pertama meliputi pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan langsung ke lokasi bendung, pengukuran topografi, dan wawancara dengan stakeholder lokal. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai instansi pemerintah seperti BMKG untuk data curah hujan, PUPR untuk data hidrologi, dan pemerintah lokal untuk data demografi dan tata guna lahan. Tahapan kedua adalah analisis data yang mencakup analisis hidrologi bendung dan analisis hidrolika bendung. Tahapan ketiga adalah perencanaan bendung untuk menentukan ukuran dan dimensi bendung yang sesuai dengan kebutuhan. Tahapan terakhir adalah analisis kestabilan bendung untuk memastikan struktur dapat menahan semua beban dan gaya yang bekerja padanya.

2.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan langkah kritis dalam perencanaan bendung untuk memahami karakteristik aliran air, pola curah hujan, dan potensi banjir di daerah aliran sungai (DAS). Data hidrologi yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun dari tahun 2015 hingga 2024 yang dikumpulkan dari tiga stasiun pengamatan hujan terdekat, yaitu Stasiun Batealit, Stasiun Mayong, dan Stasiun Gerdu. Luas daerah aliran sungai (DAS) yang ditinjau adalah 19,86 km². Dari data curah hujan yang dikumpulkan, dilakukan analisis frekuensi untuk menentukan curah hujan rencana pada berbagai periode ulang menggunakan metode distribusi yang paling sesuai. Berdasarkan analisis statistik dan pemeriksaan kesesuaian, distribusi Log Pearson Tipe III dipilih sebagai metode terbaik karena memiliki koefisien kurtosis (C_k) sebesar 5,057 dan koefisien skewness (C_s) sebesar -1,775, yang memenuhi syarat untuk distribusi tersebut.

2.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bendung melibatkan perhitungan terhadap berbagai parameter penting seperti lebar efektif bendung, profil aliran, profil permukaan air, dan dimensi struktur bendung. Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana adalah metode Haspers, yang merupakan metode yang umum digunakan di Indonesia untuk studi hidrologi. Analisis ini menggunakan data curah hujan rencana yang telah diperoleh dari analisis frekuensi, parameter fisik DAS seperti luas dan panjang sungai, serta koefisien aliran permukaan. Dari hasil analisis dengan metode Haspers untuk berbagai periode ulang, diperoleh nilai debit banjir rencana yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan dimensi bendung. Untuk perencanaan bendung ini, dipilih debit banjir dengan periode ulang 100 tahun sebesar 29,881 m³/det sebagai dasar perhitungan dimensi bendung, mengingat pentingnya fungsi bendung dalam melindungi daerah hilir dari banjir besar.

2.4 Analisis Stabilitas Struktur

Analisis stabilitas struktur bendung bertujuan untuk memastikan bahwa desain bendung yang direncanakan dapat menahan semua beban dan gaya yang bekerja padanya tanpa mengalami keruntuhan atau deformasi yang berlebihan. Gaya-gaya yang ditinjau dalam analisis stabilitas ini meliputi gaya akibat berat sendiri struktur (self-weight), gaya hidrostatik akibat tekanan air normal, gaya uplift akibat infiltrasi air di bawah fondasi, serta gaya akibat gempa bumi. Kriteria stabilitas yang digunakan mencakup: (1) stabilitas terhadap penggulingan (overturning), di mana momen penahan harus lebih besar dari momen guling dengan faktor keamanan minimal 1,5; (2) stabilitas terhadap geseran (sliding), di mana gaya geser yang bekerja harus dapat diatasi oleh gesekan pada bidang kontak dengan faktor keamanan minimal 1,3; dan (3) analisis eksentrisitas, di mana garis resultan beban harus berada dalam kern pondasi untuk menghindari tarik pada pondasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan

Data curah hujan harian maksimum yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari tiga stasiun pengamatan hujan di sekitar lokasi bendung selama periode 10 tahun (2015-2024). Ketiga stasiun tersebut adalah Stasiun Batealit dengan luas area pengaruh 5,93 km² (21% dari total DAS), Stasiun Mayong dengan luas area pengaruh 10,49 km² (37% dari total DAS), dan Stasiun Gerdu dengan luas area pengaruh 11,98 km² (42% dari total DAS). Penggunaan tiga stasiun ini dilakukan dengan metode Poligon Thiessen untuk mempertimbangkan pengaruh masing-masing stasiun terhadap total curah hujan area. Dari hasil perhitungan curah hujan rata-rata area menggunakan metode Poligon Thiessen, diperoleh nilai curah hujan area untuk berbagai tahun dengan nilai rata-rata 121,476 mm per tahun. Data curah hujan ini kemudian dianalisis untuk menentukan curah hujan rencana pada berbagai periode ulang menggunakan analisis frekuensi.

Tahun	St. Batealit (mm)	St. Mayong (mm)	St. Gerdu (mm)	Curah Hujan Area (mm)	Log (R)
2015	130	78	128	109.95	2.041
2016	40	80	114	85.99	1.934
2017	107	70	85	84.05	1.924
2018	135	124	193	155.4	2.192
2019	176	179	285	223.09	2.348

2020	57	70	200	122.12	2.087
2021	29	32	125	70.6	1.849
2022	73	98	102	94.47	1.975
2023	99	98	121	107.91	2.033
2024	116	44	116	89.41	1.951

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum dari Ketiga Stasiun (2015-2024)
(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik data curah hujan, diperoleh nilai rata-rata (\bar{X}) sebesar 110,2 mm, standar deviasi (σ) sebesar 43,4 mm, koefisien skewness (C_s) sebesar 1,7, dan koefisien kurtosis (C_k) sebesar 6,875. Dari hasil ini, dilakukan pemilihan jenis distribusi dengan membandingkan persyaratan setiap distribusi. Setelah dilakukan perbandingan dengan syarat-syarat distribusi Normal, Log Normal, Pearson Tipe III, Log Pearson Tipe III, dan Gumbell, distribusi Log Pearson Tipe III dipilih karena paling memenuhi kriteria dengan nilai $C_k = 5,057$ dan $C_s = -1,775$. Dengan menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III dan memanfaatkan tabel koefisien K untuk berbagai periode ulang, diperoleh nilai curah hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun secara berturut-turut sebesar 98,57 mm, 138,84 mm, 167,66 mm, 204,77 mm, 232,37 mm, dan 259,67 mm.

3.2 Analisis Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dalam penelitian ini menggunakan metode Haspers, yang merupakan salah satu metode empiris yang banyak digunakan di Indonesia. Metode Haspers menggunakan data curah hujan rencana dan parameter fisik daerah aliran sungai untuk menghitung debit puncak banjir. Parameter fisik DAS yang digunakan meliputi luas DAS sebesar 37,50 km², panjang sungai utama sebesar 8,30 km, elevasi hulu sebesar 402 mdpl, elevasi hilir sebesar 162 mdpl, sehingga beda tinggi (H) sebesar 240 m, dan kemiringan sungai (s) sebesar 0,0289. Perhitungan dengan metode Haspers melibatkan beberapa tahapan perhitungan yaitu penentuan waktu konsentrasi (t_c), koefisien limpasan (a), intensitas reduksi (R_t), debit modul (q_n), dan akhirnya debit banjir rencana (Q_t). Dari hasil perhitungan metode Haspers untuk berbagai periode ulang, diperoleh nilai debit banjir rencana yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Periode Ulang (Tahun)	R24 (mm)	R _t (mm/hari)	q _n (m ³ /det/km ²)	Q (m ³ /det)
2	98.57	46.15	0.876	13.08
5	138.84	62.61	1.189	17.74
10	167.66	73.67	1.398	20.88
25	204.77	87.09	1.653	24.68
50	232.37	96.53	1.832	27.36
100	259.67	105.44	2.002	29.88

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Haspers
(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya periode ulang, nilai debit banjir rencana juga meningkat. Untuk periode ulang 100 tahun, yang dipilih sebagai

dasar perencanaan bendung ini, diperoleh debit banjir rencana sebesar $29,88 \text{ m}^3/\text{det}$. Nilai ini mencerminkan besarnya aliran air maksimum yang diperkirakan akan terjadi rata-rata satu kali dalam 100 tahun, dan digunakan sebagai dasar untuk menentukan dimensi bendung agar dapat mengalirkan debit tersebut dengan aman.

3.3 Analisis Dimensi Bendung

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidrolika, dimensi bendung dirancang untuk dapat mengalirkan debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun sebesar $29,88 \text{ m}^3/\text{det}$. Desain bendung menggunakan tipe bendung pelimpah (overflow spillway) dengan tipe profil Vlugter, yang merupakan salah satu profil bendung yang paling umum digunakan di Indonesia. Lebar bersih bendung ditentukan berdasarkan kondisi sungai di lokasi bendung, dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang dan kondisi topografi. Panjang bersih bendung ditetapkan sebesar 26,30 meter, dan dengan memperhitungkan kontraksi aliran akibat pilar bendung dan tebing, lebar efektif bendung dihitung sebesar 29,56 meter. Tinggi bendung dirancang sebesar 2,00 meter, yang diukur dari dasar sungai sampai ke elevasi mercu bendung. Dengan menggunakan rumus bendung pelimpah sempurna $Q = m \cdot b \cdot h^{1.5}$, di mana m adalah koefisien debit ($m = 1,31$), b adalah lebar efektif (29,56 m), dan h adalah tinggi muka air di atas mercu bendung, tinggi muka air di atas mercu bendung untuk debit 100 tahun dihitung sebesar 4,453 meter. Lantai muka bendung (stilling basin) dirancang sepanjang 11,75 meter dengan profil hidrolika untuk meredam energi aliran dan mencegah gerusan pada daerah hilir bendung.

3.4 Analisis Stabilitas Bendung

Analisis stabilitas bendung dilakukan untuk memastikan bahwa struktur bendung dapat menahan semua gaya dan beban yang bekerja padanya. Dalam kondisi operasi normal, berbagai gaya yang harus ditinjau meliputi: (1) gaya akibat berat sendiri struktur bendung sebesar 74,4 ton; (2) gaya hidrostatik akibat tekanan air normal yang menimbulkan momen sebesar 397,386 ton.m; (3) gaya uplift akibat infiltrasi air di bawah fondasi yang menghasilkan momen sebesar 74,727 ton.m; dan (4) momen stabilisasi yang berasal dari gaya berat sendiri. Hasil analisis menunjukkan bahwa momen negatif (stabilisasi) sebesar 446,4 ton.m lebih besar dari momen positif (penggulingan) sebesar 92,967 ton.m, sehingga angka keamanan terhadap penggulingan adalah 4,80, jauh lebih besar dari angka keamanan minimum yang disyaratkan sebesar 1,5. Untuk stabilitas terhadap geseran, gaya geser horizontal yang bekerja dapat diatasi oleh gaya gesek antara struktur dan pondasi dengan gaya gesek maksimum 27,08 ton, sehingga angka keamanan terhadap geseran adalah 1,35, masih di atas angka keamanan minimum yang disyaratkan sebesar 1,3. Analisis eksentrisitas menunjukkan bahwa garis resultan beban berada dalam kern pondasi dengan nilai eksentrisitas sebesar 0,096 m, lebih kecil dari setengah lebar pondasi (1,37 m), sehingga tidak terjadi tegangan tarik pada pondasi. Semua kriteria stabilitas telah terpenuhi, menunjukkan bahwa desain bendung yang direncanakan aman dari segi struktur.

IV. KESIMPULAN

Perencanaan Bendung Sungai Gerdu telah dilakukan melalui analisis hidrologi dan hidrolika yang komprehensif dengan mempertimbangkan karakteristik aliran sungai, pola curah hujan, dan aspek-aspek teknis perencanaan. Berdasarkan hasil analisis data curah hujan selama 10 tahun dan analisis frekuensi menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III, curah hujan rencana untuk periode ulang 100 tahun diperoleh sebesar 259,67 mm. Dengan

menggunakan metode Haspers, debit banjir rencana untuk periode ulang 100 tahun dihitung sebesar 29,88 m³/det. Desain bendung yang diusulkan memiliki tinggi 2,00 meter dari dasar sungai, lebar efektif 29,56 meter, dan dilengkapi dengan lantai muka sepanjang 11,75 meter dan pintu-pintu operasional untuk pengambilan dan pembilasan. Analisis stabilitas struktur menunjukkan bahwa bendung yang dirancang memiliki faktor keamanan yang memadai terhadap penggulingan (FK = 4,80), geseran (FK = 1,35), dan tidak mengalami tegangan tarik pada pondasi. Desain ini direkomendasikan untuk meningkatkan ketersediaan air irigasi dan mengendalikan risiko banjir di daerah Kabupaten Jepara. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk aspek-aspek lain seperti desain detail, material, dan metode konstruksi.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kabupaten Jepara dan BMKG Stasiun Klimatologi Jawa Tengah atas pemberian data curah hujan dan informasi teknis yang mendukung penelitian ini. Terima kasih juga kepada Jurusan Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.

VI. REFERENSI

- [1] BMKG. (2025). Data Curah Hujan Harian. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Jawa Tengah.
- [2] Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill International.
- [3] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2012). Standar Perencanaan Irigasi KP-02 Bangunan Utama. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [4] Haspers, K. (1974). Projects for Water-Supply and Irrigation in The Tropics. International Land Reclamation and Improvement, 2, 455-476.
- [5] Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. H. (1975). Hydrology for Engineers (2nd ed.). McGraw-Hill.
- [6] Pabla, B. S. (2007). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Erlangga.
- [7] Rajaratnam, N. (1976). Turbulent Jets. Elsevier Scientific Publishing Company.
- [8] Soewarno. (1995). Hidrologi Operasional. Citra Aditya Bakti.
- [9] Stewardson, M., & Saintilan, N. (2015). Advances in Fluvial Geomorphology. John Wiley & Sons.
- [10] Ward, J., & Peppard, J. (2007). Strategic Planning for Information Systems (4th ed.). John Wiley & Sons Ltd.