

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

PRODI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS JANABADRA

Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi Besar dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi)

Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu (Widya Kartika , Buddewi Sukindrawati)

Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 dan Limantara, Studi Kasus Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiok Widyasari dan Fuji Handayani)

Peningkatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto)

Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata)

Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)

Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan Metode Value Engineering Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul (Sarju)

DEWAN EDITORIAL

- Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Janabadra
- Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.
- Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindy Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra
- Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi Besar Dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi)	1 - 13
2. Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu (Widya Kartika , Buddewi Sukindrawati)	14 - 23
3. Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 Dan Limantara, Studi Kasus Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiek Widiasari dan Fuji Handayani)	24 - 33
4. Peningkatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto)	34 - 39
5. Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata)	40 - 46
6. Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)	47 - 53
7. Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan Metode <i>Value Engineering</i> Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul (Sarju)	54 - 63

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 6, Nomor 1, Edisi April 2020. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

KAJIAN ULANG HIDROLOGI DAN HIDROLIKA BENDUNG KAMIJORO

Whisnu Bagus Riyadi¹, Tania Edna Bhakty², Nizar Achmad²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta
Email: whisnubagus69@gmail.com

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta
Email: tania@janabadra.ac.id

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta
Email: nizar_achmad@janabadra.ac.id

Abstract

The objective of this research is to determine the amount of flood discharge in the Kamijoro weir, to determine the shape and dimensions of the lighthouse in the Kamijoro weir dimensions and to determine the design of the Kamijoro Dam Olak Pond. Methods that use precise analytical calculations so as to provide optimal and timely results which is looking for rainfall data, looking for maximum rainfall, rainfall data consistency test, data normality test, rain distribution calculation, hourly rain calculation, calculating flood discharge, calculating flood height, calculating energy height above mercury, calculation of the type and dimensions of the pond. It can be concluded that the flood discharge of the Progo river is 1982.790776 m³ / sec. The shape of the lighthouse used is a round lighthouse with a height of 2.4m lighthouse and lighthouse radius is 0.85 m. The design of the olak pond is olak pond type IV.

Keywords: hydrology, design and planning, dam

1. Pendahuluan

Bendung merupakan bangunan yang sangat penting bagi irigasi. Oleh karena itu, akan dilakukan analisis tentang bendung. Hasil analisis kemudian akan dibandingkan dengan gambar bendung purnalaksana dari kontraktor. Analisis ini dilakukan pembelajaran bagi peneliti terkait rancang bangun bendung irigasi. Hasil analisis nanti nya akan dibandingkan dengan hasil analisis konsultan sehingga peneliti tahu betul proses perencanaan bendung. Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar debit banjir pada bendung Kamijoro, untuk mengetahui bentuk dan dimensi mercu pada dimensi bendung Kamijoro, dan untuk mengetahui desain Kolam Olak bendung Kamijoro.

2. Tinjauan Pustaka

Pustaka utama dari penelitian ini adalah gambar kerja desain bendung Kamijoro. Gambar didapatkan dari dinas PU Sleman. Selain gambar kerja pustaka utama yang dijadikan acuan pada penelitian ini adalah data curah hujan. Data curah hujan ini juga didapatkan dari dinas PU Sleman. Data curah hujan yang diambil adalah data curah hujan dari tahun 2002 s.d. 2013. Data curah hujan yang diambil adalah data dari stasiun hujan yang mempunyai pengaruh terhadap DAS Progo.

Keaslian penelitian ini berdasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang mempunyai karakteristik yang relatif sama dalam hal tema kajian, meskipun berbeda dalam hal kriteria subjek, jumlah dan posisi variabel penelitian atau metode analisis yang digunakan. Berdasarkan dari penelitian terdahulu, sepengetahuan penulis, belum ada penelitian tentang perhitungan ulang bendung Kamijoro.

3. Landasan Teori

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang di batasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 1995). Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode poligon Thiessen dan metode Isohyet (Loebis, 1987). Pada penelitian ini cara yang digunakan adalah dengan menggunakan Thiessen. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan untuk digunakan sebagai faktor untuk menghitung curah hujan rerata. Polygon didapat dengan cara menarik garis hubungan antara masing-masing stasiun, lalu menarik garis sumbunya.

Analisis regresi linear digunakan untuk mengetahui konsistensi data curah hujan yang diambil dari masing-masing stasiun pengamatan curah hujan. Jika R square semakin tinggi maka data semakin konsisten.

Kemudian dilanjutkan pada analisis frekuensi. Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data yang terjadi selama satu tahun yang terukur selama beberapa tahun (Bambang Triatmojo, 2008). Ada beberapa metode yang banyak dipakai di Indonesia antara lain : Metode E.J. Gumbel, Log Pearson Type III, Rasional, Log Normal, dan lain-lain.

Setelah itu maka dilakukan perhitungan cs dan ck. Didalam menentukan metode yang sesuai terlebih

dahulu akan dihitung besarnya parameter statistik yaitu Cs (skewness) dan Ck (kurtosis). Adapun persamaan yang digunakan adalah :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3}$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) S^4}$$

Tabel 1 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Metode	Ck	Cs
Gumbel	5,4002	1,196
Normal	3,0	0
Log Pearson Tipe III	bebas	Bebas

Uji Chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Shahin, 1976:186) :

$$(X^2)_{hit} = \sum_{i=1}^k \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

Perhitungan agihan hujan dapat dilakukan dengan menggunakan pola agihan Tadashi Tanimoto, seragam, Triangular Hyetograph Method (THM), atau Alternating Block Method (ABM). Dalam penentuan agihan hujan diperlukan data lama hujan yang biasanya didekati dengan menghitung waktu konsentrasinya atau dari hasil analisis yang didasarkan pada kejadian hujan.

Setelah diketahui bahwa distribusi data sudah normal maka dilanjutkan dengan perhitungan koefisien run off.

Setelah jatuh ke permukaan tanah, akan menimbulkan limpasan (runoff) yang mengalir kembali ke laut. Dalam usahanya untuk mengalir kembali ke laut beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (infiltration) dan bergerak terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (saturated zone) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau yang juga dinamakan permukaan freatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau kadang-kadang langsung masuk ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah (infiltration) memberi hidup kepada tumbuhan namun ada diantaranya naik ke atas lewat akuifer diserap akar dan batangnya, sehingga terjadi transpirasi, yaitu evaporasi (penguapan) lewat tumbuh-tumbuhan melalui bagian bawah daun (stomata). Air tertahan di permukaan tanah (surface detention) sebagian besar mengalir masuk ke sungai-sungai sebagai limpasan permukaan (surface runoff) ke dalam palung sungai (Soemarto, 1995). Berikut ini adalah koefisien run off menurut Soemarto (1995).

Tabel 2. Koefisien Run Off

Tipe daerah aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50 – 0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan: beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Model Tadashi Tanimoto adalah model yang dikembangkan berdasarkan distribusi hujan yang ada di pulau Jawa dengan menggunakan lama hujan 8 (delapan) jam. Model agihan tersebut ditunjukkan dalam Tabel.

Tabel 3 Distribusi hujan jam-jaman Tanimoto

Waktu (jam ke)	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi hujan	26	24	17	13	7	5,5	4	3,5
% Distribusi hujan kumulatif	26	50	67	80	87	92,5	96,5	100

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan debit banjir. Tujuan utama analisis debit banjir adalah untuk memperoleh debit puncak dan hidrograf banjir Kali Progo serta anak sungainya, yang akan digunakan sebagai data penting dalam menentukan dimensi bangunan yang direncanakan. Hidrograf satuan sintetik metode DR. Nakayasu telah berulang kali diterapkan di Jawa Timur terutama pada DTA kali Brantas. Hingga saat ini hasilnya cukup memuaskan. Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB). Hidrograf satuan sintetik Snyder ditentukan secara cukup baik dengan tinggi d = 1 cm dan dengan tiga unsur yang lain, yaitu Qp (m3/detik), Tb serta tr (jam).

Pemilihan tipe mercu bendung yang akan direncanakan diaplikasikan dalam suatu bendung tidak dapat ditentukan sembarangan tanpa

pertimbangan teknis dan harus memenuhi kriteria dan hasil penilaian dari beberapa aspek teknis.

Dasar pemilihan kolam olak adalah ditinjau dari perhitungan Froude number. Aliran dengan angka Froude kurang dari 1,7 dan 1,7-2,5 sesuai untuk tipe I. Kolam olakan datar tipe II angka Froude > 4.5. Tipe III $q < 18,5 \text{ m}^3/\text{det}$, $V < 18 \text{ m}/\text{det}$, $F > 4,5$. Tipe IV dengan angka Froude 2,5 s/d 4,5.

4. Metodologi

Metodologi pada studi ini adalah dengan menguraikan seluruh kegiatan dari awal sampai akhir, meliputi seluruh kegiatan yang pelaksanaannya secara urut maupun simultan. Metode yang menggunakan perhitungan analisis yang tepat sehingga memberikan hasil yang optimal serta tepat waktu.

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya. Dalam tahap ini disusun hal-hal penting untuk mengefektifkan waktu dan kegiatan yang dilakukan. Studi pustaka mengenai masalah yang berhubungan dengan bendung dan fasilitas-fasilitasnya dan jaringan irigasinya. Menentukan kebutuhan data. Pengadaan persyaratan administrasi. Mendata instansi yang akan dijadikan narasumber. Survey ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi dilapangan.

Dalam proses perencanaan, diperlukan analisis yang teliti. Untuk dapat melakukan analisis yang baik, diperlukan data, informasi, teori, konsep dasar dan alat bantu yang memadai, sehingga kebutuhan akan data sangat mutlak diperlukan. Data primer diperoleh dengan pengukuran dilapangan. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini sebagian besar menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas PU DIY.

Analisis yang diperlukan dalam perencanaan bangunan utama berupa bendung tetap. Analisis yang digunakan adalah analisis hidrologi dan hidrolika.

5. Pembahasan

Dalam merencanakan bangunan air, analisis yang penting perlu ditinjau adalah analisis hidrologi. Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Pada perencanaan bendung ini, data curah hujan harian selama periode 12 tahun yang akan dijadikan sebagai dasar perhitungan dalam menentukan debit banjir rencana.

Data hujan harian selanjutnya akan diolah menjadi data curah hujan rencana, yang kemudian akan diolah menjadi debit banjir rencana. Data hujan harian didapatkan dari beberapa stasiun di sekitar lokasi rencana bendung, di mana ke 30 stasiun tersebut berada di luar catchment area (daerah aliran sungai).

5.1 Uji konsistensi data

Uji konsistensi data dilakukan dengan analisis massa ganda (double mass curve analysis), yaitu menguji konsistensi hasil pengukuran pada suatu stasiun dan membandingkan akumulasi dari hujan yang bersamaan untuk suatu kumpulan stasiun yang mengelilinginya. Data tidak konsisten berarti data mengandung kesalahan, maka harus diuji kebenarannya dengan langkah sebagai berikut :Data hujan acuan/indeks merupakan nilai rata-rata dari seluruh stasiun. Data kumulatif Stasiun Jumprit dibandingkan secara grafis dengan data kumulatif dari Stasiun hujan acuan/indeks. Jika nilai R Square lebih dari 0,90 maka disimpulkan daa konsisten.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil uji konsistensi data

No	Nama Stasiun	Nilai R Square	Keterangan	Kesimpulan
1	Jumprit	0.9914	R square > 0.90	Data Konsisten
2	Jumo	0.9962	R square > 0.90	Data Konsisten
3	Kandangan	0.9967	R square > 0.90	Data Konsisten
4	Pakisdadu	0.9966	R square > 0.90	Data Konsisten
5	Grabag	0.9962	R square > 0.90	Data Konsisten
6	Ngablak	0.9792	R square > 0.90	Data Konsisten
7	Kintelan	0.9980	R square > 0.90	Data Konsisten
8	Badran	0.9966	R square > 0.90	Data Konsisten
9	Temanggung	0.9911	R square > 0.90	Data Konsisten
10	Kebraman	0.9969	R square > 0.90	Data Konsisten
11	Parakan	0.9928	R square > 0.90	Data Konsisten
12	Ngadirejo	0.9908	R square > 0.90	Data Konsisten
13	Babadan	0.9988	R square > 0.90	Data Konsisten
14	Dukun	0.9973	R square > 0.90	Data Konsisten
15	Kaliangkrik	0.9881	R square > 0.90	Data Konsisten
16	Kaligan	0.9915	R square > 0.90	Data Konsisten
17	Magelang	0.9995	R square > 0.90	Data Konsisten
18	Muntilan	0.9997	R square > 0.90	Data Konsisten
19	Ledoknongko	0.9959	R square > 0.90	Data Konsisten
20	Jetis medani	0.9941	R square > 0.90	Data Konsisten
21	Kalibawang	0.9905	R square > 0.90	Data Konsisten
22	Mendut	0.9804	R square > 0.90	Data Konsisten
23	Salaman	0.9922	R square > 0.90	Data Konsisten
24	Kaliloro	0.9995	R square > 0.90	Data Konsisten
25	Borobudur	0.9942	R square > 0.90	Data Konsisten

5.2. Analisis Curah Hujan Rata-Rata Daerah Aliran Sungai

Dari Peta GIS kita mendapat koordinat atau lokasi dari stasiun hujan yang akan kita tinjau sehingga didapat luas pengaruh stasiun hujan terhadap luas DAS. Dalam melakukan analisis curah hujan digunakan tiga stasiun, dimana ada dua stasiun hujan yang berpengaruh dalam perhitungan yaitu Stasiun Lasusua, dan Stasiun Mowewe sedangkan Stasiun Abuki digunakan sebagai titik bantu dalam membentuk poligon Thiessen. Melalui ketiga stasiun tersebut lalu ditarik garis penghubung. Pada bagian tengah garis penghubung ditarik garis sumbu tegak lurus sehingga terbentuk daerah pengaruh masing-

masing stasiun yang dibatasi oleh garis sumbu tersebut.

Tabel 5. Rekapitulasi Analisis Curah Hujan dengan Metode Poligon Thiessen

Tahun	CH Max Terpakai
2002	33.57952111
2003	46.14238248
2004	36.42089657
2005	35.52177429
2006	38.21073323
2007	38.60395195
2008	37.98810185
2009	34.45299538
2010	48.26985319
2011	39.90114067
2012	55.40461823
2013	51.55623322

5.3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Tidak semua nilai variabel hidrologi terletak pada nilai rata-ratanya. Kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-rata yang disebut dispersi. Untuk mengetahui besar dispersi dapat melalui perhitungan parameter statistik yang meliputi nilai rata-rata (X), standar deviasi (S), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs), koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 6 Parameter Statistik Curah Hujan Normal dan Gumbel

NO	Xi	Xi - X	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
1	33.57952111	-7.76	60.1891	-466.9567	3622.7258
2	34.45299538	-6.88	47.3989	-326.3269	2246.6586
3	35.52177429	-5.82	33.8248	-196.7220	1144.1171
4	36.42089657	-4.92	24.1748	-118.8623	584.4207
5	37.98810185	-3.35	11.2197	-37.5813	125.8816
6	38.21073323	-3.13	9.7778	-30.5748	95.6057
7	38.60395195	-2.73	7.4733	-20.4300	55.8500
8	39.90114067	-1.44	2.0637	-2.9645	4.2587
9	46.14238248	4.80	23.0851	110.9171	532.9233
10	48.26985319	6.93	48.0550	333.1253	2309.2808
11	51.55623322	10.22	104.4188	1067.0083	10903.2770
12	55.40461823	14.07	197.8787	2783.5461	39155.9610
Total	496.05	0.00	569.56	3094.18	60780.96

Dari data diketahui bahwa :

Rerata X = 41.3377
SD = 7.1957
Cs = 0.90597
Ck = 3.29763
Cv = 0.174

Dari parameter statistik dilakukan pemilihan jenis analisa frekuensi yang akan digunakan dengan membandingkan persyaratan-persyaratan dengan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Parameter Statistik Metode Log Normal dan Log Person Type III

NO	CH Maks Xi	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³	(Log Xi - Log X) ⁴	P %
1	33.58	1.52607	-0.08461	0.00716	-0.00061	0.0000512463	7.69
2	34.45	1.53723	-0.07346	0.00540	-0.00040	0.0000291150	15.38
3	35.52	1.55049	-0.06019	0.00362	-0.00022	0.0000131238	23.08
4	36.42	1.56135	-0.04933	0.00243	-0.00012	0.0000059230	30.77
5	37.99	1.57965	-0.03104	0.00096	-0.00003	0.0000009278	38.46
6	38.21	1.58219	-0.02850	0.00081	-0.00002	0.0000006596	46.15
7	38.60	1.58663	-0.02405	0.00058	-0.00001	0.0000003346	53.85
8	39.90	1.60099	-0.00970	0.00009	0.00000	0.0000000088	61.54
9	46.14	1.66410	0.05342	0.00285	0.00015	0.0000081416	69.23
10	48.27	1.68368	0.07299	0.00533	0.00039	0.0000283868	76.92
11	51.56	1.71228	0.10160	0.01032	0.00105	0.0001065462	84.62
12	55.40	1.74355	0.13286	0.01765	0.00235	0.0003116101	92.31
Total	496.05	19.32820	0.00000	0.05721	0.00253	0.00056	

Dari data diketahui bahwa :

Rata-rata = 41.338 Ck = 2.9895
Rerata Log X = 1.6107 Cv = 0.045
Standar Deviasi (S) = 0.0721
Cs = 0.7350

Tabel 8 Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Distribusi Normal	Cs ~ 0	0.9060	Tidak Sesuai
		Ck ~ 3	3.2976	Tidak Sesuai
2	Distribusi Log Normal	Cs ~ 3Cv + Cv ³	0.134418	Tidak Sesuai
		Ck ~ Cv ³ + 6 Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3	3.032138846	Tidak Sesuai
3	Distribusi Gumbel	Cs ~ 1,1396	0.9060	Tidak Sesuai
		Ck ~ 5,4002	3.2976	Tidak Sesuai
4	Distribusi Log Person Tipe III	Kecuali Parameter 1, 2, 3	0.7350	Dipilih
			2.9895	

Dari perhitungan diatas dibuat perhitungan distribusi hujan kala ulang. Berikut ini adalah distribusi hujan kala ulang.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Distribusi Hujan Log Pearson Tipe III

Kala Ulang	Nilai Kala Ulang Tabel	Log X	X
2 Tahun	-0.121274219	1.601937002	39.98867389
5 Tahun	0.786500473	1.667405939	46.49496647
10 Tahun	1.333399811	1.706848455	50.91531736
20 Tahun	1.761432418	1.737718273	54.66612288
25 Tahun	1.975448722	1.753153182	56.64390455
50 Tahun	2.422447776	1.785390865	61.00857276
100 Tahun	2.846796782	1.815995021	65.46286691

5.4. Perhitungan Runoff

Perhitungan run off digunakan untuk menghitung jumlah hujan yang terserap oleh tanah. Kemudian dibuat perhitungan runoff berdasarkan kondisi lahan di DAS sungai proggo. Berikut ini adalah hasil perhitungan runoff.

Tabel 10. Tata guna lahan

No	Tata Guna Lahan	C	Luas (km2)	Prosen-tase	C Rata2 (%)	C referensi
1	2	3	4	7	8	
1	Desa/permukiman	0.60	656.95	30.0	18.0	0.5 - 0.7
2	Hutan	0.30	394.17	18.0	5.4	0.3 - 0.6
3	Semak	0.40	43.80	2.0	0.8	0.3 - 0.5
4	Sawah Tadah Hujan	0.50	0.00	0.0	0.0	0.3 - 0.5
5	Sawah Teknis	0.50	591.25	27.0	13.5	0.1 - 0.5
6	Tegalan / ladang	0.40	262.78	12.0	4.8	0.3 - 0.5
7	Kebun / perkebunan	0.40	240.88	11.0	4.4	0.3 - 0.5
	Jumlah		2189.83		46.90	

Kemudian hasil C rata-rata dikalikan dengan distribusi hujan log pearson tipe 3.

Tabel 11 Distribusi Hujan Dipakai

Kala Ulang	Distribusi Hujan Log Pearson Tipe III	Distribusi hujan dipakai
2 Tahun	39.98867389	18.75468805
5 Tahun	46.49496647	21.80613927
10 Tahun	50.91531736	23.87928384
20 Tahun	54.66612288	25.63841163
25 Tahun	56.64390455	26.56599123
50 Tahun	61.00857276	28.61302063
100 Tahun	65.46286691	30.70208458

5.5 Perhitungan Hujan Jam-jaman Tanimoto

Hasil tersebut kemudian dijadikan dasar untuk perhitungan hujan jam-jaman. Metode Perhitungan hujan jam-jaman yang digunakan adalah perhitungan hujan Tanimoto.

Tabel 12 Perhitungan Hujan Jam-jaman Tanimoto

Jam Ke-	Distribusi Hujan	P2	P5	P10	P20	P25	P50	P100
1	0.26	4.88	5.67	6.21	6.67	6.91	7.44	7.98
2	0.24	4.50	5.23	5.73	6.15	6.38	6.87	7.37
3	0.17	3.19	3.71	4.06	4.36	4.52	4.86	5.22
4	0.13	2.44	2.83	3.10	3.33	3.45	3.72	3.99
5	0.07	1.31	1.53	1.67	1.79	1.86	2.00	2.15
6	0.06	1.03	1.20	1.31	1.41	1.46	1.57	1.69
7	0.04	0.75	0.87	0.96	1.03	1.06	1.14	1.23
8	0.04	0.66	0.76	0.84	0.90	0.93	1.00	1.07
Jumlah		18.75	21.81	23.88	25.64	26.57	28.61	30.70

5.6 Perhitungan banjir rencana

Berikut ini adalah hasil perhitungan banjir rencana yang didasarkan pada perhitungan hujan jam-jaman tanimoto.

Tabel 13. Rekapitulasi Banjir Rencana

No	Kala Ulang	HSS Gama I	HSS Nakayasu	HSS Snyder
1	2	1448.5687	1358.407367	660.9034118
2	5	1585.01287	1480.181983	669.1917741
3	10	1677.71253	1562.915203	674.8228565
4	20	1756.371081	1633.116919	679.6010054
5	25	1797.847356	1670.133946	682.1205003
6	50	1889.379289	1751.824984	687.6806486
7	100	1982.790776	1835.193501	693.3549712

Dari hasil perhitungan diketahui debit banjir tertinggi adalah pada perhitungan HSS Gama I pada Kala ulang 100 tahun. Maka debit banjir rancangan yang digunakan adalah 1982.790776 m3/detik.

5.7 Perhitungan mercu bendung

Tinggi mercu bendung (P) dapat dihitung dengan menjumlahkan elevasi muka air di pintu pengambilan bagian hulu, kehilangan energi, kemudian dikurangi dengan elevasi dasar sungai. Elevasi pada muka terowongan = 23,46

Jumlah kehilangan energi :

1. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di pintu di hulu terowongan = 0.10
2. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di banguna ukur debit = 0.80
3. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di kantong lumpur = 0.20
4. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di bagian transisi = 0.10
5. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di pintu intake = 0.10
6. Perhitungan kehilangan tinggi tekan di bangunan saringan sampah = 0.15

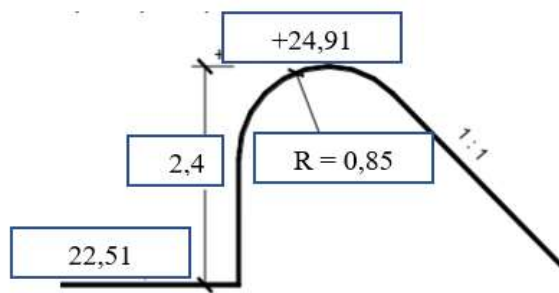
$P = \text{elevasi muka air di terowongan} + \text{kehilangan energi akibat pintu} - \text{elevasi dasar sungai}$

$$P = 23,46 + 1,45 - 22,51 = 2,40$$

Mercu bendung yang dipilih adalah mercu bulat. Jari-jari mercu bulat (R) dari pasangan batu dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$R = (0,3 \sim 0,7) H1 \text{ digunakan } 0,5 \quad R = 0,5 \times H1$$

$$R = 0,5 \times h = 0,5 \times 1.706 = 0,86$$



Gambar 1 Desain Mercu Bendung

5.8 Perhitungan Kolam olak

Perhitungan kolam olak didasarkan dengan dasar kriteria perencanaan dari bina marga. Seri yang digunakan adalah KP-02. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan kolam olak.

Tabel 14. Perhitungan tipe dan dimensi kolam olak

Kala Ulang	2	5	10
Debit Pengaliran (m ³ /dt)	1448.5687	1585.013	1677.713
Lj (m)	23.12705441	24.04208	25.0208
Fr	3.532842582	3.467008	3.541932
Y2 (m)	3.625410881	3.808416	4.004161
H1 (m)	2.813166752	2.913167	3.113167
H2 (m)	8.439500256	8.7395	9.3395
Vu (m/dt)	10.50124453	10.68626	11.047
Tipe Kolam Olak	Tipe IV	Tipe IV	Tipe IV

Kala Ulang	20	25	50	100
Debit Pengaliran (m ³ /dt)	1756.371081	1797.847	1889.379	1982.791
Lj (m)	25.37299193	25.83593	26.51455	27.19472
Fr	3.461711546	3.50365	3.497197	3.490816
Y2 (m)	4.074598386	4.167185	4.30291	4.438945
H1 (m)	3.113166752	3.213167	3.313167	3.413167
H2 (m)	9.339500256	9.6395	9.9395	10.2395
Vu (m/dt)	11.04699673	11.22302	11.39632	11.56703
Tipe Kolam Olak	Tipe IV	Tipe IV	Tipe IV	Tipe IV

5.9 Perbandingan hasil perhitungan dengan kondisi existing

Tabel 15 Tabel perhitungan perbandingan antara kondisi eksisting dengan hasil perhitungan

Parameter pembanding	Kondisi eksisting (A)	Hasil Perhitungan (B)	Selisih (%) $\frac{B-A}{A} \times 100$
Debit Pengaliran (m ³ /dt/m')	2000	1982.79	-0.86
Panjang Kolam olak/Lj (m)	29.08	27.19	-6.48
Bilangan Froude/Fr	3.45	3.49	1.18
Kedalaman Konjugasi Y2 (m)	4.82	4.44	-7.91
Tinggi energi diatas ambang bendung/H1 (m)	4.23	3.41	-19.31
Tinggi energi di hilir bendung/H2 (m)	8.66	10.24	18.24
Kecepatan awal loncatan/Vu (m/dt)	11.31	11.57	2.27
Tipe Kolam Olak	Tipe IV	Tipe IV	
Tinggi mercu/P (m)	2.40	2.40	0.00

Dari tabel perbandingan diatas diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang besar antara hasil perhitungan dengan kondisi eksisting kecuali pada tinggi energi di atas ambang bendung dan tinggi energi di hilir bendung. Hasil perhitungan

H1 lebih kecil 19.31% dibandingkan dengan kondisi eksisting. Hasil perhitungan H2 lebih besar 18,24% dibandingkan dengan kondisi eksisting.

6. Kesimpulan dan saran

6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Debit banjir sungai Progo adalah 1982.790776 m³/detik.
2. Bentuk mercu yang digunakan adalah mercu bulat dengan tinggi mercu 2,4m dan radius mercu adalah 0,85 m
3. Desain kolam olak adalah kolam olak tipe IV

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis terkait penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

1. Hendaknya karya tulis ini digunakan oleh dinas terkait untuk rekomendasi peningkatan kualitas bendung.
2. Hendaknya dinas terkait menggunakan karya tulis ini sebagai salah satu referensi apabila suatu saat melakukan perbaikan bendung.
3. Hendaknya dilakukan penelitian sejenis dengan perhitungan hujan efektif menggunakan p indeks.

7. Daftar pustaka

- [1] Angi, G. M., & Prawito, A. (2016). Desain Ulang Bendung Untuk Peningkatan Debit Air Irigasi Di Waekokak Kec Lelak Kab Manggarai Ntt. Universitas Narotama.
- [2] Asdak, C. (1995). Hidrologi dan pengelolaan DAS. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- [3] Bambang, T. (2008). Hidrologi terapan. Beta Offset, Yogyakarta, 59, 50.
- [4] Elmoustafa, A. M. (2012). Weighted normalized risk factor for floods risk assessment. Ain Shams Engineering Journal, 3(4), 327–332.
- [5] Ghozali, I. (2009). Ekonometrika: teori, konsep dan aplikasi dengan SPSS 17. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [6] Harto, S. (1993). Analisis hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- [7] Hutabarat, P. N. (2016). Evaluasi Rancangan Bendung Daerah Irigasi Belutu Kabupaten Serdang Berdagai. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 5(1).
- [8] Indonesia, S. N. (n.d.). SNI 03-2401-1991. Tata Cara Perencanaan Bendung. BSN.
- [9] Loebis, J. (1992). *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Departemen Pekerjaan Umum.
- [10] Mangore, V. R., Wuisan, E. M., Kawet, L., & Tangkudung, H. (2013). Perencanaan bendung untuk daerah irigasi sulu. *Jurnal Sipil Statik*, 1(7).
- [11] Mawardi, E., & Memed, M. (2002). *Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis*. Alfabeta. Bandung.
- [12] Mulhajri, M., Djali, N., & Mulyani, R. (2017). Perencanaan Bendung Batang Sinamar Kabupaten Tanah Datar. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 2(3).
- [13] Prastumi, P., Suseno, H., & Pratama, F. Y. (2012). Studi Perencanaan Bentuk Bendungan Beton Sederhana yang Paling Efisien. *Rekayasa Sipil*, 5(3), 130–136.
- [14] Purwitaningsih, S., & Pamungkas, A. (2017). Analisis kondisi hidrologi daerah aliran sungai kedurus untuk mengurangi banjir menggunakan model hidrologi SWAT. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), C107–C111.