

Analisis Kolam Olak Bendungan Leuwikeris Kabupaten Ciamis - Tasikmalaya

Amelia Citra Mulya Komalasari¹, Sulwan Permana^{2*}

^{1,2}Institut Teknologi Garut, Indonesia

*email: sulwanpermana@itg.ac.id

Info Artikel

Dikirim: 20 Juni 2023

Diterima: 22 September 2023

Diterbitkan: 20 Mei 2024

Kata kunci:

Debit;
Energi;
Kalibrasi;
Kolam Olak;
Nreca.

ABSTRAK

Bendungan Leuwikeris adalah bendungan yang dibangun di dua kabupaten yaitu Kabupaten Ciamis dan Kabupaten Tasikmalaya. Salah satu bangunan dari bendungan adalah kolam olak. Kolam olak dibangun untuk meredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidraulis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi. Jenis kolam olak yang ada pada Bendungan Leuwikeris ini adalah tipe USBR II dimana memiliki nilai bilangan Froude lebih dari 4,5 dan debit lebih dari 60m³/detik. Penelitian yang dilakukan kali ini, menghitung besaran nilai kehilangan energi pada kolam olak Bendungan Leuwikeris dengan tipe kolam olak USBR II. Dalam mencari besaran nilai kehilangan energi, dibutuhkan debit Bendungan Leuwikeris dengan menggunakan pemodelan. Pemodelan debit menggunakan metode NRECA dengan mengkalibrasi dengan debit yang sudah ada yaitu debit di Cirahong. Pemodelan debit juga digunakan dengan perhitungan metode distribusi normal, log normal, gumbel dan log pearson tipe III. Hasil dari perhitungan tersebut berupa nilai NSE sebesar 0,756 pada debit pemodelan dengan metode NRECA dan di kalibrasi dengan besar debit Cirahong selama 5 Tahun dan besar energi yang hilang pada kolam olak sebesar 4,78 meter.

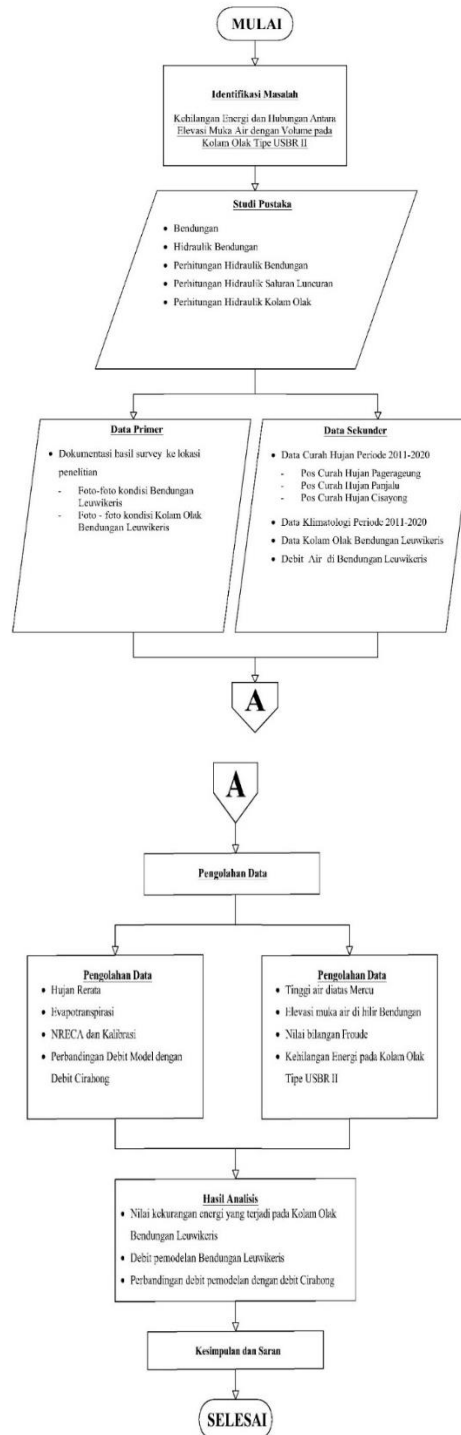
1. PENDAHULUAN

Bendungan menurut Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia didefinisikan sebagai bangunan yang berupa tanah, batu, beton atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat juga dibangun untuk menampung limbah tambang atau lumpur [1]. Salah satu bendungan besar di Jawa Barat adalah Bendungan Leuwikeris yang terletak di dua Kabupaten yaitu Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Ciamis. Bendungan Leuwikeris bermanfaat sebagai sumber irigasi untuk 11.216 hektar yaitu mengairi jaringan irigasi di Lakbok Utara, Ciamis seluas 6.600 hektar dan di Manganti, Cilacap seluas 4.616 hektar; suplai air baku dengan kapasitas 845 liter/detik. Untuk memenuhi kebutuhan di Ciamis, Banjar dan Tasikmalaya mereduksi banjir periode 25 tahunan sebesar 11%, dari semula 509 m³/detik menjadi 450 m³/detik, menghasilkan listrik untuk PLTA sebesar 2 x 10 MW sebagai lokasi pariwisata, sumber perikanan darat dan konservasi air tanah [2], [3]. Bagian-bagian dari bendungan Leuwikeris diantaranya adalah tubuh bendung, pintu air, bangunan pelimpah dan saluran pengelak air. Pada bangunan pelimpah ada bagian struktur yaitu kolam olak yang berfungsi sebagai peredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidraulis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi. Kolam olak sangat ditentukan oleh tinggi loncatan hidraulis, yang terjadi di dalam aliran [4], [5].

Penelitian yang dilakukan kali ini, menghitung besaran nilai kehilangan energi pada kolam olak Bendungan Leuwikeris dengan tipe kolam olak USBR II. Dalam mencari besaran nilai kehilangan energi, dibutuhkan debit Bendungan Leuwikeris dengan menggunakan pemodelan. Pemodelan debit menggunakan metode NRECA

dengan mengkalibrasi dengan debit yang sudah ada yaitu debit di Pos Duga Air Cirahong. Pemodelan debit juga digunakan dengan perhitungan metode distribusi normal, log normal, gumbel dan log pearson tipe III.

2. METODE PENELITIAN

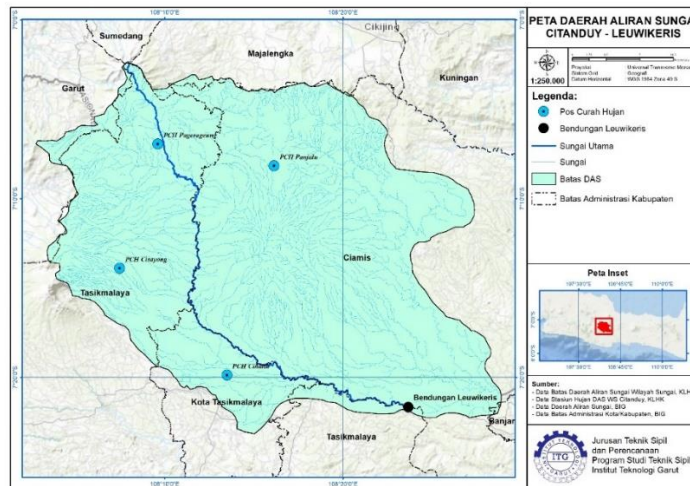


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) No. 04/PRT/M/2015 tentang kriteria dan penetapan wilayah Sungai, DAS adalah suatu wilayah daerah daratan yang merupakan satu

kesatuan antara sungai dan air yang berasal dari curah hujan secara alami. DAS Citanduy merupakan salah satu daerah aliran sungai di Jawa Barat yang kondisinya kritis. DAS Citanduy mempunyai luasan 352,080 ha dan terdiri lima (5) sub DAS yaitu Citanduy Hulu (74,800 ha), Cimuntur (60,500 ha), Cijolang (48,030 ha), Ciseel (96,500 ha) dan Cikawung (72,250 ha) . Dilihat dari administrasi wilayah DAS Citanduy berada di 6 kabupaten yaitu Kabupaten Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, Kuningan, Garut dan Cilacap. DAS Citanduy Hulu terletak pada hulu DAS Citanduy yang secara geografi terletak pada 7° 7' – 7°17' LS dan 108° 4' - 108° 24' BT. LuasDAS Citanduy Hulu sekitar 72.409,5 ha. Panjang rata-rata sungai utama sekitar 7,4 km dengan gradien 1,02 % [6]. Luas daerah aliran sungai Citanduy – Leuwikeris adalah 1206 Km² terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta DAS Citanduy - Leuwikeris

2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Ada beberapa metode pendekatan [7] untuk menentukan curah hujan rata-rata tergantung keadaan topografi dan luas DAS, antara lain:

1) Metode Poligon Thiesen

Metode ini dapat digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Besar curah hujan rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus:

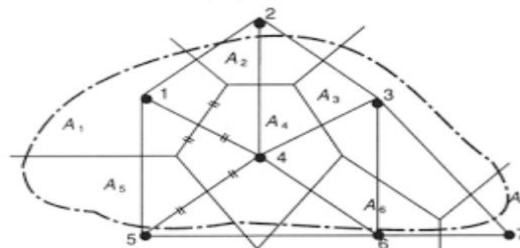
$$P = \frac{A_1P_1+A_2P_2+\dots+A_nP_n}{A_1+A_2+A_n} \tag{1}$$

Dimana:

P = hujan rerata kawasan

P₁, P₂, P_n = hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

A₁, A₂, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 3. Metode Polygon

2) Metode Aljabar

Metode Aljabar yaitu sebuah metode untuk mencari rata-rata dari suatu data tertentu dengan menambahkan data yang ada kemudian di bagi jumlah data yang ada. Besar curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$R = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_n}{n} \quad (2)$$

Dimana:

- P = hujan rerata kawasan
 P_1, P_2, P_3, P_n = hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n
 n = jumlah stasiun

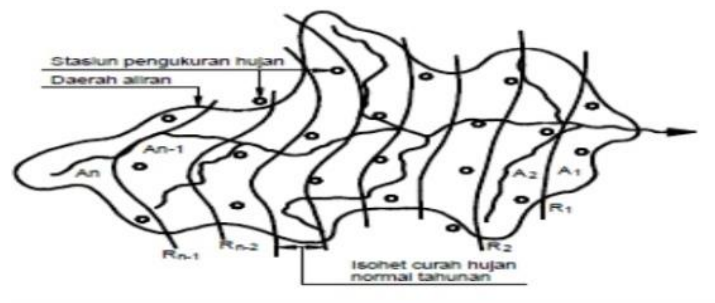
3) Metode *Isohyet*

Metode ini digunakan apabila stasiun pengamatan relative lebih padat dengan keadaan topografi cenderung berbukit dan tidak beraturan, dan luas DAS >5000 km. Besar curah hujannya dapat dihitung:

$$P = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_n} \quad (3)$$

Dimana:

- P = hujan rerata kawasan
 I_1, I_2, \dots, I_n = garis isohyet ke-1, 2, 3, ..., n, n+1
 A_1, A_2, A_n = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke-1, 2, .. n dan n+1



Gambar 4. Metode Isohiet

2.3 Analisis Curah Hujan

Curah hujan yang direncanakan adalah curah hujan tahunan maksimum dengan kemungkinan periode ulang tertentu. Analisis curah hujan terencana bertujuan untuk menentukan periode kembalinya kejadian hidrologi di masa yang akan datang [8]. Analisis curah hujan dapat dihitung untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun. 50 tahun dan 100 tahun. Metode yang digunakan yaitu:

- 1) Metode Distribusi Normal
- 2) Metode Distribusi Log Normal
- 3) Metode Distribusi Log Pearson Tipe III
- 4) Metode Gumbel

2.4 Metode NRECA

Metode NRECA (*National Rural Electric Cooperative Association*) adalah model dengan parameter yang relatif sedikit dan mudah dalam pelaksanaannya serta model tersebut memberikan hasil yang cukup dapat diandalkan. Metode ini digunakan untuk memperkirakan debit bulanan berdasarkan curah hujan bulanan [9].

Model NRECA merupakan model matematis untuk simulasi hujan-limpasan yang diperkenalkan oleh Norman H Crawford [10]. Konsep metode ini membutuhkan input primer dari data curah hujan dan evapotranspirasi aktual [11]. Perhitungan metode NRECA sesuai untuk daerah cekungan yang setelah hujan berhenti masih ada aliran di sungai selama beberapa hari.

2.5 Bendungan

Bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk [1]. Konstruksi bendungan memiliki bagian-bagian tertentu yang memiliki fungsi yang berbeda beda [12]. Bagian-bagian inilah yang akan bekerja agar operasional bendung bekerja dengan baik. Bagian-bagian dari konstruksi bendung secara umum yaitu:

- 1) Tubuh bendung.
- 2) Pintu air
- 3) Pintu pengambilan (*intake*)
- 4) Kolam peredam energi
- 5) Bangunan pembilas

2.6 Kolam Olak

Tipe kolam olak yang akan direncana disebelah hilir bangunan bergantung pada energi air yang masuk yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* dan pada bahan konstruksi kolam olak. Beberapa tipe kolam olak ini telah dikembangkan oleh USBR [13]. Pinggir dari tipe ini adalah vertikal dan pada umumnya mempunyai lantai yang panjang, blok-blok dan ambang hilir biasa maupun ambang hilir bergigi. Ruang olak dengan blok-blok dan ambang tidak baik untuk sungai yang mengangkut batu. Macam – macam kolam olak tipe USBR sebagai berikut:

- 1) Kolam olak USBR I, koalm yang terbentuk oleh loncatan hidraulik yang terjadi pada lantai dasar. Tipe ini biasanya tidak praktis karena terlalu panjang dan dipakai untuk bilangan *Froude* ($Fr = 2,5-4,5$).
- 2) Kolam olak USBR II, dikembangkan untuk kolam olak yang banyak digunakan pada bendungan tinggi, bendungan urug tanah dan struktur-struktur saluran besar. Kolam olak dilengkapi dengan blok – blok di ujung hulu dan ambang bergigi di ujung hilir. Panjang kolam olak dapat diperoleh dari kurva yang dibuat oleh biro tersebut. Kolam olak USBR II dapat dipakai pada bilangan *Froude* lebih besar atau sama dengan 4,5 ($Fr=4,5$), dengan catatan kecepatan $v_1 = 16$ m/dt untuk menghini dari gravitasi.
- 3) Kolam olak USBR III, digunakan pada bangunan drainase kecil, tetapi mempunyai faktor keamanan yang lebih tinggi. Kolam USBR dapat dipakai untuk bilangan *Froude* lebih besar atau sama dengan 4,5 ($Fr=4,5$), tetapi bila kecepatan $v_1 = 16$ m/dt.
- 4) Kolam olak USBR IV dirancang untuk mengatasi persoalan pada loncatan hidrolis yang beresilasi. Kolam olak ini hanya dapat digunakan untuk penampang persegi panjang. Kolam olak USBR IV dipakai untuk bilangan *Froude* 2,5 sampai 4,5.

2.7 Perhitungan Hidrolis Kolam Olak

Nilai bilangan *Froude* adalah nilai untuk menentukan tipe dari kolam olak [14]. Untuk mencari nilai bilangan *froude* digunakan rumus :

$$Fr = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot y_u}} \quad (4)$$

Dimana :

y_2 = kedalaman air diatas ambang ujung (m)

y_u = kedalaman air diawal loncat air (m)

Fr = Bilangan Froude

v_1 = kecepatan awal loncatan (m/detik)

g = percepatan gravitasi ($\frac{m}{detik^2} \approx 9,8$)

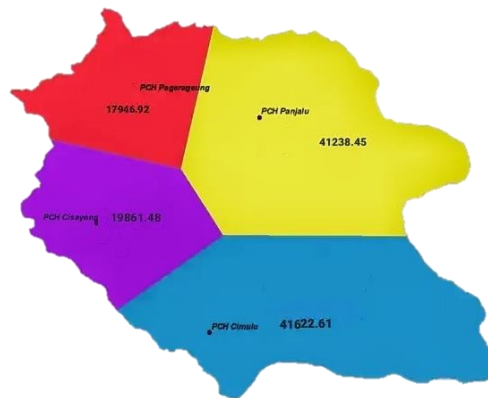
Kolam olak digunakan sebagai peredam energi karena adanya perbedaan energi dari loncatan air pada saluran [15]. Besar kehilangan energi kolam olak dapat dicari dengan rumus:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{(Y_1 - Y_2)^2}{4 \times Y_1 \times Y_2} \tag{5}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Curah Hujan Rata – Rata

Data curah hujan yang digunakan yaitu curah hujan bulanan selama 10 tahun, mulai dari tahun 2012 sampai 2021. Data hujan bulanan di dapat dari UPTD PSDA Sungai Citanduy dan Balai Besar Wilayah Sungai Citanduy. Untuk menentukan curah hujan rata-rata digunakan metode poligon thiesen, dimana sebelumnya harus mengetahui terlebih dahulu luas masing – masing stasiun dari DAS yang sudah dibuat dengan proporsi luas masing – masing adalah 0,15 pada PCH Pagerageung, 0,17 pada PCH Cisayong, 0,34 pada PCH Panjalu dan 0,35 pada PCH Cimulu. Luas setiap stasiun dicari dengan cara membuat segitiga dari setiap titik pos curah hujan, lalu ditarik titik beratnya sehingga membuat luas dari setiap pos curah hujan. Luas dari setiap pos curah hujan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Poligon Thiesen DAS Citanduy – Leuwikeris

Dari Gambar 4.1 dapat diketahui luasan dari setiap pos curah hujan sebagai berikut:

- Pos curah hujan Pagerageung = 17946,92 ha = 179,47 Km²
- Pos curah hujan Panjalu = 41238,75 ha = 412,39 Km²
- Pos curah hujan Cisayong = 19861,48 ha = 198,62 Km²
- Pos curah hujan Cimulu = 41622,62 ha = 416,23 Km²

Tabel 1. Hujan Rata – Rata

Bulan	TAHUN									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	312,43	301,14	237,18	295,18	375,99	514,68	261,02	325,61	440,94	553,44
Februari	246,44	277,85	340,99	441,38	628,38	429,76	606,54	612,90	428,72	251,72
Maret	228,47	560,37	449,65	358,02	726,22	290,75	349,92	463,95	388,07	517,90
April	614,83	487,34	288,14	302,31	221,76	424,87	357,48	464,27	431,02	226,71
Mei	125,27	325,33	153,19	131,70	302,37	264,53	188,78	139,69	314,07	182,62
Juni	37,39	491,04	182,28	106,27	142,39	178,60	82,18	25,88	227,38	203,90
Juli	4,25	645,58	708,29	10,35	274,56	156,44	1,87	22,38	76,60	68,18
Agustus	1,53	14,70	46,13	2,55	259,06	9,40	6,97	0,69	47,04	127,70
September	4,71	32,63	12,35	3,28	449,39	140,07	44,77	0,35	99,89	269,78

Bulan	TAHUN									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Oktober	234,65	245,75	76,92	0,00	369,87	411,39	62,46	1,75	453,54	199,50
November	252,32	148,68	528,81	296,83	520,67	450,99	451,47	135,83	454,26	529,64
Desember	547,67	931,77	827,77	427,80	401,03	424,51	278,86	328,19	528,56	349,18

3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan menggunakan 4 metode, yaitu metode distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log pearson tipe III dan distribusi gumbel. Analisis frekuensi curah hujan dalam kala ulang 5, 10, 20, 25, 50, 100 dan 1000 tahun. Tabel 2 memperlihatkan hasil perhitungan analisis frekuensi curah hujan dengan 4 metode.

Tabel 2. Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan

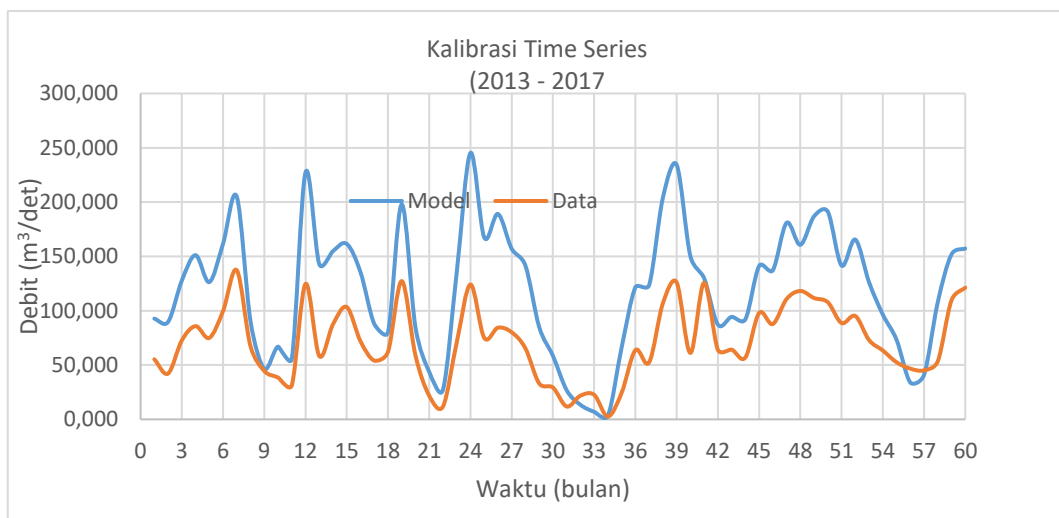
Periode Ulang T (Tahun)	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson III
5	707,044	713,507	710,219	703,618
10	760,037	777,314	791,468	754,712
20	803,396	833,742	869,403	789,901
25	811,626	844,907	894,126	808,105
50	852,776	903,013	970,283	841,679
100	886,499	953,599	1045,878	871,204
1000	978,033	1105,650	1295,668	950,283

3.3 Hasil Kalibrasi

Kalibrasi parameter model untuk menentukan debit hasil pemodelan agar lebih mendekati debit hasil pengukuran. Kalibrasi dilakukan periode selama lima tahun, yaitu tahun 2013 sampai 2017 terhadap debit di pos duga air Cirahong. Parameter model yang dikalibrasi masing-masing adalah PSUB, GWF, dan tampungan air tanah awal, dengan nilai adalah 0,90; 0,50; 100. Masing-masing parameter tadi digunakan untuk menghitung debit pemodelan. Untuk mendapat nilai NSE dicari dengan rumus:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_1^n (X-Y)^2}{\sum_1^n (X-\bar{X})^2} = 1 - \frac{16607,858}{8071,951} = 0,756$$

Gambar 7 memperlihatkan kalibrasi time series tahun 2013 sampai 2017.



Gambar 6. Kalibrasi Time Series

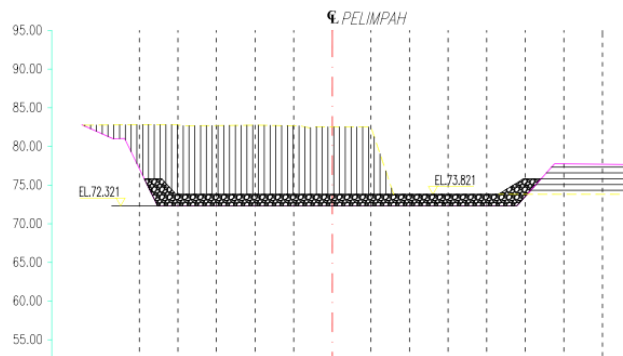
3.4 Debit Pemodelan

Debit pemodelan yang dihitung berdasarkan teori NRECA merupakan debit perkiraan Bendungan Leuwikeris daerah aliran sungai Citanduy-Leuwikeris. Dengan luas daerah aliran sungai di Bendungan Leuwikeris 1206 km², diperoleh debit pemodelan seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Debit Pemodelan Bendungan Leuwikeris

DEBIT	TAHUN										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Januari	68,66	92,73	143,04	167,51	123,60	186,95	124,41	115,44	128,07	204,38	
Februari	77,86	89,67	154,94	189,09	204,05	191,18	217,78	205,81	164,73	152,20	
Maret	68,75	127,75	161,52	157,05	234,45	141,58	161,51	188,00	147,99	182,26	
April	158,03	151,13	135,51	141,55	150,23	165,51	157,36	195,74	164,80	129,37	
Mei	84,74	126,40	87,93	85,08	130,01	126,25	104,99	109,29	137,45	92,64	
Juni	42,77	161,72	80,15	58,52	87,26	96,45	61,54	54,20	111,20	87,58	
Juli	20,62	204,90	197,85	26,85	94,36	73,26	28,84	26,23	58,01	44,61	
Agustus	10,31	90,12	84,60	13,42	92,09	33,92	14,42	13,11	28,71	41,95	
September	5,33	46,56	43,67	6,94	141,17	40,98	7,45	6,78	26,79	76,77	
Oktober	41,67	66,96	27,25	3,36	137,30	107,93	6,14	3,28	109,51	70,10	
November	65,57	55,63	135,20	66,24	180,94	151,91	108,06	24,24	148,97	157,12	
Desember	139,21	227,31	245,20	121,64	160,70	157,29	101,88	80,86	179,34	140,37	

3.5 Kehilangan Energi Kolam Olak



Gambar 7. Kolam Olak Bendungan Leuwikeris Tipe USBR II

Kolam olak sebagai peredam energi memiliki besar kehilangan energi. Perhitungan besar kehilangan energi pada kolam olak adalah sebagai berikut:

$$Fr = 15,26879326$$

$$Y_1 = 13,25655844 \text{ m}$$

$$Y_2 = 279,7017512 \text{ m}$$

Maka didapat besaran nilai kehilangan energi dengan rumus:

$$\Delta E = \frac{(Y_1 - Y_2)^2}{4 \times Y_1 \times Y_2}$$

$$\Delta E = \frac{(13,25655844 - 279,7017512)^2}{4 \times 13,25655844 \times 279,7017512}$$

$$\Delta E = 4,786 \text{ meter}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit pemodelan Bendungan Leuwikeris didapat nilai NSE sebesar 0,756.
2. Dengan nilai NSE 0,756, maka nilai NSE tersebut mendekati 1 sehingga pengkalibrasian debit model dengan debit Cirahong saling mendekati.
3. Besar kehilangan energi pada kolam olak Bendungan Leuwikeris dengan debit 1105,668 m³/detik adalah 4,78 meter

REFERENSI

- [1] M. P. U. dan P. R. R. Indonesia, "Peraturan Meteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat," *Perekon. Drh.*, p. 32, 2015.
- [2] D. A. N. Pewawancara, *Optimalisasi Fungsi Sungai Citanduy*.
- [3] L. R. Pambudi and M. Ichsandi, "Metode Pelaksanaan Pembangunan Terowongan Bangunan Pengelak (Tunnel) Pada Proyek Waduk Bendo," *Inst. Technol. Sepuluh Novemb.*, 2017.
- [4] P. Pendidikan, P. Sumber, D. Air, and Konstruksi, "Modul 8 Desain Bangunan Pelengkap," *Pendidikan, Pus. Sumber, Pelatih. Air dan Daya Konstr.*, pp. 25–55, 2017.
- [5] I. Inayatullah and A. Winasis, "Analisis Kinerja Sistem Daerah Irigasi Bendung Cikeusik Kabupaten Kuningan," *Jurnal Konstruksi*. 2020.
- [6] P. Irawan, Hendra, J. Ikhsan, and N. K. S. , Sri Atmaja, "Analisis Dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (Puh) Das Citanduy Hulu," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 63–69, 2020.
- [7] D. H. U. Ningsih, "Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu," *Stikubank Univ.*, vol. 17, no. 2, pp. 154–163, 2017.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2415:2016 - Tata cara perhitungan debit banjir rencana," 2016.
- [9] K. W. Widyaningsih, D. Harisuseno, and W. Soetopo, "Perbandingan Metode FJ. Mock dan NRECA untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur," *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 1, pp. 52–61, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.01.05.
- [10] S. Permana and A. Susetyaningsih, "Model Nreca Untuk Prediksi Ketersediaan Air Di Daerah Irigasi Citanduy Kota Tasikmalaya," vol. 12, no. 1, pp. 153–164, 2022.
- [11] E. Suhartanto, E. N. Cahya, and L. Maknun, "Analisa Limpasan Berdasarkan Curah Hujan Menggunakan Model Artificial Neural Network (Ann) Di Sub Das Brantas Hulu," *J. Tek. Pengair.*, vol. 10, no. 2, pp. 134–144, 2019, doi: 10.21776/ub.pengairan.2019.010.02.07.
- [12] Patel, "Bagian - Bagian Bendungan," pp. 9–25, 2019.
- [13] B. Di and D. Darok, "Olak Tipe Vlugter Pada," 2020.
- [14] R. Dara, "Analisa Uji Model Fisik Pelimpah Bendungan Sukahurip Di Kabupaten Pangandaran Jawa Barat," *J. Tek. Pengair.*, vol. 6, no. 1, pp. 14–21, 2018.
- [15] Direktorat Jendral SDA, "Standar Perencanaan Irigasi 01," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.