

SIMULASI NERACA AIR STUDI KASUS BENDUNGAN SAGULING DEBIT ANDALAN 50%

ANELKHA PRIMA DARSA PAKPAHAN¹, FRANSISKA YUSTIANA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : anelkhaprima@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan air dalam suatu bendungan merupakan factor yang harus diperhatikan. Ketersediaan air ini harus bisa mencakupi kebutuhan bendungan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keseimbangan air yang ada di Bendungan Saguling. Bendungan Saguling yang merupakan bendungan bertipe single purpose dam di mana Bendungan Saguling memiliki fungsi utama sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Maka Bendungan Saguling sebagai pemasok energi listrik memerlukan analisis untuk kebutuhan PLTA bendungan. Untuk melakukan analisis neraca air bendungan Saguling diawali dengan pengumpulan data berupa debit inflow bendungan selama 10 tahun dimulai dari tahun 2014 sampai tahun 2023 yang menjadi acuan untuk mendapatkan debit andalan bendungan. Metode yang digunakan untuk mencari debit andalan yaitu metode F.J. Mock.

Kata kunci : Bendungan, Neraca air

1. PENDAHULUAN

Sumber Daya Air sebagai komponen penting untuk menunjang kesejahteraan dan hidup masyarakat, baik itu secara individu maupun banyak orang. Bendungan Saguling merupakan salah satu aset yang dipergunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air, maka simulasi neraca air Bendungan Saguling ini ditujukan untuk meneliti dan mengetahui beberapa aspek bendungan Saguling melalui metode simulasi neraca air. Simulasi neraca air yang membandingkan debit *inflow* dan debit *outflow* dalam bendungan Saguling terhadap debit andalan yang merupakan debit minimum bendungan pada tingkat peluang yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan bendungan Saguling.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bendungan

Bendungan menurut peraturan Menteri PUPR Nomor 7 tahun 2023 tentang bendungan mendefinisikan bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urukan batu dan beton yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. DAS menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya ke sungai. Daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang

batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

2.3 Neraca Air

Neraca air adalah keseimbangan antara jumlah air yang tersedia dengan kebutuhan air di suatu wilayah sungai, daerah aliran air dan daerah tangkapan air di suatu infrastruktur sumber daya air dalam periode tertentu untuk menetapkan apakah jumlah air di suatu wilayah kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*deficit*). analisis neraca air penting digunakan untuk penyediaan atau perencanaan air yang stabil. Analisis Neraca air pada dasarnya untuk menunjukkan dan mengetahui debit *inflow* dan debit *outflow* dalam suatu sistem. Umumnya persamaan analisis neraca air dirumuskan dengan

$$I = O \pm \Delta S$$

Keterangan

I = debit *inflow*

O = debit *outflow*

ΔS = perubahan tampungan

2.4 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai pada tingkat peluang tertentu yang sudah ditentukan dan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air, dan yang dipakai sebagai persediaan air sungai pada daerah studi. Debit andalan pada umumnya diperlukan untuk perencanaan dalam pengembangan air irigasi, air baku dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yaitu untuk menentukan ketersediaan air sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Debit andalan dihitung berdasarkan nilai probabilitasnya mengikuti rumus Weibull

$$P(\%) = \frac{m}{n + 1} \times 100\%$$

Keterangan :

P(%) = probabilitas terjadinya nilai yang diharapkan selama periode pengamatan

m = nomor urut data

n = jumlah urut data

2.5 Elevasi *Spillway*

Spillway merupakan bangunan pelimpah yang digunakan untuk mengeluarkan air berlebih yaitu air yang melampaui tampungan efektif. Simulasi kejadian *spillway* melimpaskan air kelebihan dari tampungan efektif waduk. Tahapan ini berdasarkan dari data teknis bendungan dengan mengetahui elevasi *spillway* bendungan saguling *Spillway* berupa pelimpah samping yang dilengkapi dengan saluran peluncur (*chute type with side flow entrance*).

2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

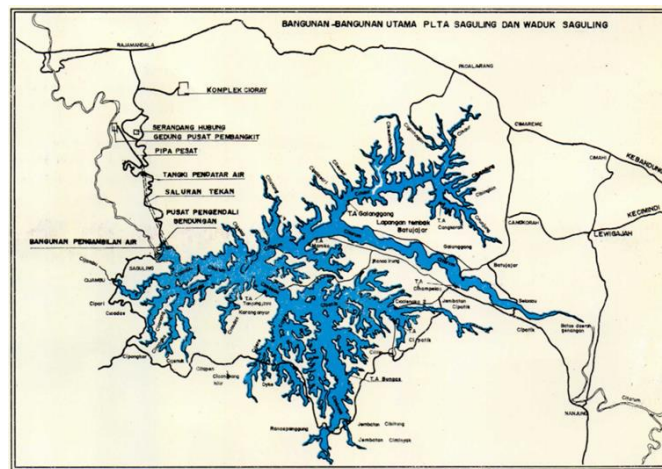
PLTA ialah mesin yang dapat mengubah energi, yang terdiri dari *dam* (bendungan), *reservoir*, *penstock* (pipa pesat), turbin, *draft tube*, *power house* serta *electricity terminal* pada suatu sistem). Sistem kerjanya ialah menggunakan memanfaatkan arus sirkulasi air dari sungai yang kemudian ditampung di sebuah dam (bendungan) yang lalu dialirkan pada

suatu rangkaian pipa supaya energi potensial air bisa diubah sebagai energi kinetik, sehingga pada akhirnya diubah kembali sebagai energi mekanis untuk menggerakkan atau memutar turbin hal mengakibatkan generator yang seporos dengan turbin bisa berputar, maka dengan proses yang terjadi tersebut induksi elektromagnetik yang menghasilkan energi listrik.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam tugas akhir ini dilaksanakan di Bendungan Saguling yang membendung sungai Citarum dan terletak di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Bendungan Saguling merupakan bendungan berjenis *single purpose dam* karena Bendungan Saguling memiliki satu fungsi utama yaitu sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)



Gambar 1 Daerah aliran sungai Bendungan Saguling

3.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data yang diterima oleh pihak PLN Bendungan Saguling berupa

1. Debit *inflow* bendungan selama 10 tahun
2. Debit *outflow* bendungan selama 10 tahun
3. Profil Bendungan Saguling

3.3 Metode Data Analisis

Analisis simulasi neraca air Bendungan Saguling menggunakan metode rumus Weibull, yaitu dilakukan dengan mengurutkan data debit dari yang terbesar sampai yang terkecil, kemudian dicari sesuai nilai probabilitasnya tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitasnya yang menghasilkan debit andalan dari bendungan yang akan digunakan untuk melakukan simulasi neraca air dengan memperhatikan profil bendungan seperti isi tampungan, *outflow*, dan elevasi *spillway* bendungan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

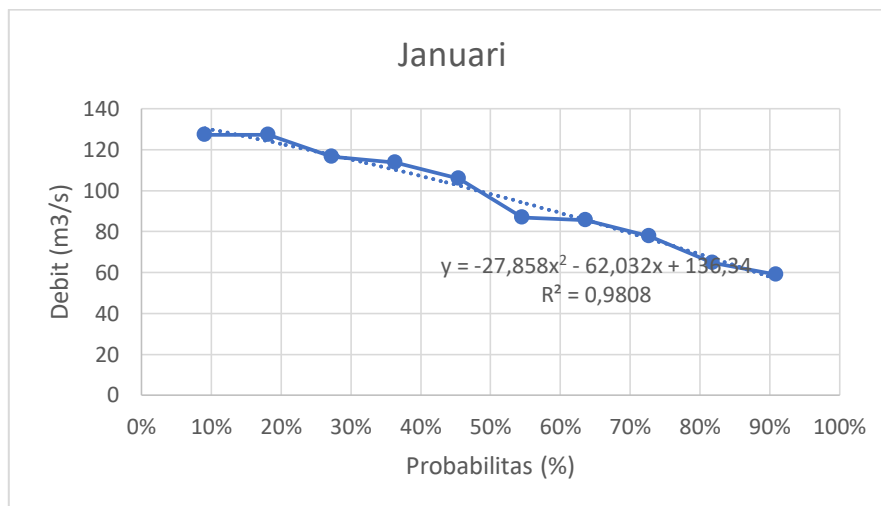
4.1 Debit Andalan

Analisis menggunakan metode Weibull untuk mendapatkan nilai probabilitas tingkat keandalan, tetapi debit andalan yang ditentukan adalah untuk tahun kering 50% untuk

mendapatkan debit andalan tersebut dilakukan probabilitas. Probabilitas dilakukan dengan bantuan excel dengan melakukan grafik hubungan probabilitas dengan debit inflow andalan untuk mendapatkan persamaan, persamaan yang digunakan adalah persamaan dengan R^2 lebih besar dari 0,9. Analisis debit andalan dapat dilihat pada tabel 1 dan grafik untuk mendapatkan persamaan debit andalan pada gambar 2 dan hasil probabilitas pada tabel 2

Tabel 1 Debit andalan Bendungan Saguling

P	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
9%	127,35	177,08	217,75	279,04	167,29	110,05	100,83	47,11	126,37	165,22	215,26	201,19
18%	127,17	156,43	210,6	219,12	164,6	97,12	69,05	40,86	50,57	138,92	186,35	183,28
27%	116,52	155,38	188,27	198,34	133,14	95,73	47,43	35,96	31,6	71,39	184,29	153,13
36%	113,68	135,43	186,16	187,51	114,77	86,25	44,63	22,66	22,4	54,84	140,66	118,69
45%	105,82	129,18	175,01	185,47	107,8	71,8	34,59	17,11	22,07	47,14	105,26	117,28
55%	86,89	116,32	149,37	159,99	106,98	66,26	21,89	16,03	16,21	33,81	88,34	108,95
64%	85,59	101,16	145,28	146,91	83,51	55,11	21,76	14,41	15,95	26,12	80,62	108,83
73%	77,79	92,77	140,58	120,58	77,55	40,42	20,11	14,02	13,05	23,74	59,74	105,16
82%	64,81	72,75	121	88,85	59,58	28,05	16,99	11,5	10,03	19,19	47,68	77,21
91%	59,02	72,36	97,1	84,47	51,71	25,98	13,18	9,68	7,34	11,99	42,02	67,27



Gambar 2 Grafik hubungan probabilitas dan debit andalan untuk mendapatkan persamaan

Tabel 2 Persamaan debit *inflow* dan Hasil debit andalan 50% tiap bulan

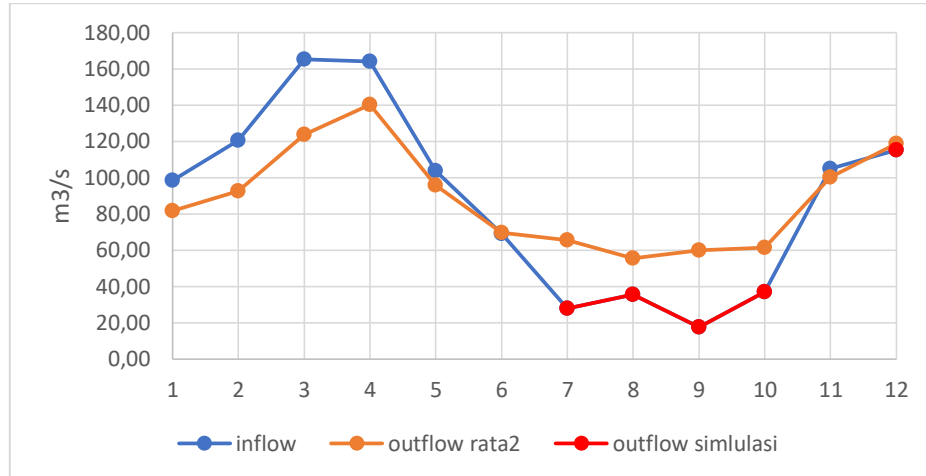
Bulan	Keterangan	Y	R2	50%
Januari	polinomial	$y = -27,858x^2 - 62,032x + 136,34$	0,9808	98,36
Februari	polinomial	$y = 6,9117x^2 - 137,38x + 187,37$	0,9867	120,41
Maret	polinomial	$y = -31,345x^2 - 108,64x + 227,41$	0,9784	165,25
April	polinomial	$y = 42,616x^2 - 255,89x + 281,41$	0,9551	164,12
Mei	polinomial	$y = 44,784x^2 - 187,98x + 186,43$	0,9745	103,64
Juni	polinomial	$y = -21,06x^2 - 86,648x + 117,7$	0,9879	69,11
Juli	polinomial	$y = 166,61x^2 - 258,02x + 115,04$	0,9644	27,68
Agustus	polinomial	$y = 69,534x^2 - 114,73x + 58,174$	0,9699	35,58
September	power	$y = 8,1051x^{-1,117}$	0,9785	17,58
Oktober	polinomial	$y = 328,93x^2 - 499,26x + 204,21$	0,9734	36,81
November	polinomial	$y = 151,01x^2 - 374,32x + 254,13$	0,9809	104,72
Desember	polinomial	$y = 131,07x^2 - 279,44x + 222,11$	0,9407	115,16

4.2 Simulasi neraca air Bendungan Saguling

Simulasi neraca air Bendungan Saguling dengan memperhatikan elevasi +623 m, yaitu elevasi intake Bendungan Saguling dengan luas bendungan saguling 48,695 ha maka volume saat elevasi intake adalah 303,37 juta m³, dengan mempertimbangkan elevasi spillway +643 m dengan volume 313,09 juta m³. Debit andalan yang digunakan yaitu tahun kering 50% .Simulasi neraca air dengan membandingkan debit andalan dengan debit *outflow* Bendungan Saguling. Tabel 3 adalah hasil analisis simulasi neraca air pada debit andalan 50% dan gambar 3 merupakan grafik hubungan debit andalan 50% dengan debit *outflow* dengan saat simulasi

Tabel 3 Simulasi neraca air Bendungan Saguling debit andalan 50%

P %	Bulan	hari	inflow		outflow rata-rata		ouflow simulasi		ΔS juta m3	S Akhir NA juta m3	Limpasan juta m3	perbandingan %
			m3/s	juta m3	m3/s	juta m3	m3/s	juta m3				
50	januari	31	98,36	263,45	81,661	218,72			44,73	348,10	35,01	100%
	Februari	28	120,41	291,29	92,644	224,12			67,17	415,26	102,17	100%
	Maret	31	165,25	442,62	123,759	331,48			111,14	414,51	101,42	100%
	April	30	164,12	425,40	140,199	363,40			62,00	365,37	52,28	100%
	Mei	31	103,64	277,58	95,82	256,64			20,94	324,31	11,22	100%
	Juni	30	69,11	179,14	69,51	180,17			-1,03	312,05	0,00	100%
	Juli	31	27,68	74,14	65,531	175,52	27,68	74,14	0,00	303,37	0,00	58%
	Agustus	31	35,58	95,29	55,557	148,80	35,58	95,29	0,00	303,37	0,00	36%
	September	30	17,58	45,57	59,739	154,84	17,58	45,57	0,00	303,37	0,00	71%
	Oktober	31	36,81	98,60	61,378	164,39	36,81	98,60	0,00	303,37	0,00	40%
	November	30	104,72	271,44	100,138	259,56			11,88	324,97	11,88	100%
	Desember	31	115,16	308,44	118,609	317,68	115,16	308,44	0,00	303,37	0,00	3%
										Rata-Rata		41%



Gambar 3 Grafik simulasi *inflow* dan *outflow* Bendungan Saguling debit andalan 50%

5.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan pada debit andalan Tahun kering intervalnya mulai dari 17,58 m³/s sampai dengan 165,25 m³/s, dimana tertinggi pada Bulan Maret dan terendahnya pada Bulan September. Dari hasil analisis simulasi neraca air dapat diketahui bahwa debit andalan 50% mampu memenuhi kebutuhan bendungan dengan persentase 41% debit *outflow* menyesuaikan dengan debit *inflow*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan analisis ini, disarankan untuk melakukan juga analisis debit andalan lagi pada debit andalan 60%, 80% dan 90% untuk menunjukkan tingkat keandalan ketersediaan air yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan bendungan dan pada tahun tertentu seperti pada tahun kering digunakan debit andalan 50% dan 60% lalu pada tahun basah digunakan debit andalan 80% dan 90%

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal, khususnya terima kasih di sampaikan kepada pembimbing

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta, 2015. Perhitungan debit andalan sungai dengan kurva durasi debit. SNI 6738:2015
- I, H, Ko, 2018. *Spatial and Temporal, Water Balance Analysis Considering Structural and Non-Structural, Measure In the Cisangkuy River Basin*. Jurnal, *Yooshin Engineering Corporation, Seoul, Korea*
- I, made, Sudiarsa, 2016. Manajemen pengelolaan Sungai Menuji Optimasi Air di Wilayah Sungai Bali. Jurnal Teknik Gradien, Universitas Ngurah Rai

Kementrian PUPR, 2017, Modul 5. Hidrologi, Ketersediaan dan Kebutuhan Air.

Kementrian PUPR, 2017, Modul 8. operasi Waduk.

Primantaka, Muhammad, Azzahra, 2023. Simulasi neraca air pengoperasian Bendungan Leuwikeris. Teknik Sipil , Fakultas Teknik sipil Itenas

Saragi, Elita, Tiurma, 2023. Analisis Debit Andalan Studi Kasus Pada PLTM Parmongan II. Jurnal. Universitas HKBP Nommensen Medan

Shafur, Bachtar, 2022. *Water Balance and Potency of the Duriangkang-Muka Kuning Reservoirs for Supporting the Raw Water Supply in Batam City, Indonesia* . juranl, Hunan University Natural Sciences

Susilo, Dewi, Martina, Megasari, 2017. Analisis Neraca Air Sungai Tondano dan Optimalisasi Pemanfaatannya. Universitas Sam Ratulangi