

PREDIKSI PASOK DAN KEBUTUHAN AIR SUNGAI CILIWUNG RUAS HULU BENDUNG KATULAMPA

Mamok Suprpto¹⁾, Agung Prasetyo²⁾, dan Agus P. Saido³⁾

¹⁾ Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: akang.agung@gmail.com

ABSTRACT

Cilwung river currently supplies water for Jabodetabek area. Water demand increases with the increase of population, while the Cilwung water is relatively remains constant. Therefore, the studies related to the water balance in the Cilwung area is needed. The study was conducted at the upstream of Katulampa weir.

Requirements for fresh water calculated as 100 liters/day/person. The reliable discharge is calculated based on the analysis of the rainfall-runoff transformation using Snyder synthetic unit hydrograph. The parameters used are standard lag of 0.6 and peak coefficient of 0.2. Rainfall data were used from a rain station Gunung Mas, Gadok, and Katulampa. The reliable discharge used was probability of 90% regarding to Weibull method.

The Results of analysis showed that the reliable discharge of Cilwung river in the upstream segment of Katulampa between 0 m³/sec and 2.9 m³/sec. The prediction of fresh water requirement for population of 280.214 persons for the year of 2013 is 0.19m³/sec. Forecasting discharge for 10 years using Neural Network method showed that in the year 2023, Cilwung river will have reliable discharge between 0m³/sand 2.88m³/sec. This discharge will be sufficient to fulfill domestic waterof 357.736 person as predicted number of person for year of 2023, with total demand of fresh water is 0.25m³/sec.

Keywords: Cilwung river, Water balance, Neural Network

ABSTRAK

Sungai Ciliwung saat ini memasok air bagi wilayah Jabodetabek. Kebutuhan air meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, sedangkan air ciliwung jumlahnya relatif tetap. Oleh sebab itu, perlu adanya kajian keseimbangan air di DAS Ciliwung. Penelitian dilakukan di ruas hulu Bendung Katulampa.

Kebutuhan air bersih diperhitungkan sebesar 100 liter/hari/orang. Debit andalan dihitung berdasarkan analisis transformasi hujan menjadi debit menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Snyder. Parameter yang digunakan adalah *Standard lag* sebesar 0,6 dan *Peaking* koefisien sebesar 0,2. Data hujan yang digunakan dari stasiun penakar hujan Gunung Mas, Gadok, dan Katulampa. Debit andalan yang digunakan adalah 90% yang diperoleh dengan metode Weibull.

Hasil analisis menunjukkan bahwa debit andalan yang ada di Sungai Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa berkisar antara 0 m³/dt dan 2,9 m³/dt. Prediksi kebutuhan air bersih untuk jumlah penduduk 280.214 orang pada tahun 2013 sebesar 0,19 m³/dt. Peramalan debit untuk 10 tahun yang akan datang dengan metode *Neural Network* menunjukkan bahwa pada tahun 2023 Sungai Ciliwung akan memiliki debit andalan berkisar antara 0 m³/dt dan 2,88 m³/dt. Debit andalan ini diprediksi masih bisa mencukupi kebutuhan air domestik untuk 357.736 orang sesuai dengan prediksi jumlah penduduk tahun 2023, dengan kebutuhan air bersih sebesar 0,25 m³/dt.

Kata kunci: Sungai Ciliwung, Neraca air, Neural Network

PENDAHULUAN

Perkembangan kota Jakarta dan sekitarnya (Jabodetabek) menyebabkan peningkatan jumlah penduduk yang pesat. Peningkatan penduduk ini mengakibatkan peningkatan kebutuhan air. Sungai Ciliwung saat ini menjadi pemasok air bagi wilayah Jabodetabek. Sedangkan air Ciliwung pada saat musim kemarau jumlahnya relatif tetap. Permasalahan terbesar Sungai Ciliwung adalah banjir ketika musim penghujan dan debit air yang kecil saat musim kemarau. Permasalahan di musim kemarau menjadi kendala yang cukup serius dalam pemenuhan kebutuhan air baku. Lebih dari itu, air Sungai Ciliwung juga sebagai pemasok air di bagian hilir dalam cakupan wilayah yang cukup luas, termasuk ibu kota negara, Jakarta. Oleh karena itu, kajian terhadap ketersediaan air dan prediksi kebutuhan air menjadi penting untuk dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Menurut Soemarto (1987), debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya risiko kegagalan tertentu. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung debit andalan antara lain: metode empiris (F.J. Mock dan SMEC), dan metode probabilitas *Weibull*.

Bila di lokasi penelitian tidak tersedia data pengamatan tinggi muka air sungai, maka debit andalan dapat diperkirakan berdasarkan data hujan. Perkiraan debit berdasarkan data hujan dilakukan melalui proses transformasi hujan menjadi aliran. Dalam proses ini, ketersediaan dan kualitas data hujan menjadi masukan yang sangat penting.

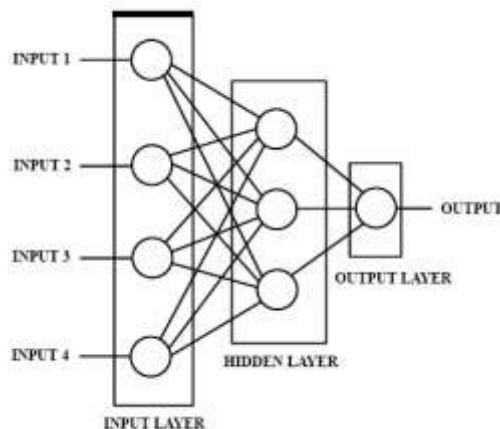
Sila Dharma dkk (2011) menyatakan bahwa model *Artificial Neural Network* (ANN) dapat diterapkan dalam modelisasi hubungan curah hujan limpasan. Model neural network memiliki kemampuan yang bagus dalam mereplikasi fluktuasi debit yang acak ke dalam bentuk model buatan yang memiliki fluktuasi yang hampir sama. Untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka debit diurutkan dari terbesar sampai terkecil. Berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull.

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

Dengan:

- P : probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)
- m : nomor urut kejadian
- n : jumlah data

Debit 10 tahun ke depan dapat diprediksi dengan banyak cara. Salah satu model yang dapat memprediksi kejadian yang akan datang adalah dengan model *Artificial Neural Network* (ANN). Mekanisme kerja ANN meniru cara kerja jaringan saraf biologis. Pada penerapannya neuron-neuron pada ANN dikelompokkan kedalam beberapa layer.



Gambar 1 Arsitektur ANN

(Sumber: petunjuk penggunaan *Zaitun Time Series*)

Prediksi kebutuhan air bersih dapat ditentukan berdasarkan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air bagi tiap orang dalam satuan waktu tertentu. Pertumbuhan penduduk dihitung dengan rumus:

$$\text{Angka Pertumbuhan (\%)} = \frac{\dots - \dots}{\dots} \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan untuk proyeksi pertumbuhan penduduk dapat dihitung dengan metode *Geometrical Increase* (Soemarto, 1999) dengan rumus:

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

- P_n : jumlah penduduk pada tahun ke-n
- P_o : jumlah penduduk pada awal tahun
- r : persentase pertumbuhan geometrikal penduduk tiap tahun
- n : periode waktu yang ditinjau

Dari proyeksi tersebut, kemudian dihitung jumlah kebutuhan air dari sektor domestik berdasarkan SNI No. 19-6728.1-2002.

$$Q_p = J \times q \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

- Q_p : jumlah pemakaian air (lt/hr)
- J : jumlah terlayani (jiwa)
- q : konsumsi air rata-rata (lt/jiwa/hr)

Standar kebutuhan air bersih untuk berbagai sektor disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1 Standar Kebutuhan Air untuk Berbagai Sektor

Jenis Pemakaian	Standar	Standar Terpilih	Satuan	Sumber
Domestik				
Sambungan rumah				
Kota dengan penduduk > 1 juta	250		l/jiwa/hari	2
Kota dengan Penduduk = 1 juta	150		l/jiwa/hari	2
Pedesaan	100		l/jiwa/hari	2
Keran umum	30		l/jiwa/hari	3
Non Domestik				
Hidran kebakaran	5		% keb. domestic	6
Kebocoran	20		% keb. domestic	6
Sekolah	10		l/m/hari	1
Kantor	10		l/peg/hari	1
Tempat ibadah	2			1
Industri	0,4-1	0.7	l/det/ha	2
Komersil				
Pelabuhan udara	10-20	10	l/penumpang/hari	5
Terminal bus/ Stasiun	3		l/penumpang/hari	4
Pelabuhan laut	10		l/penumpang/hari	
Sarana Kesehatan				
Rumah sakit	300		1/liter/hari	1

(Sumber: SNI No. 19-6728.1-2002)

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di DAS Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa. Data yang digunakan berupa peta wilayah administrasi, peta topografi, data hujan dari stasiun Gunung Mas, stasiun Gadok, dan stasiun Katulampa, data jumlah penduduk tahun 2013, dan data observasi tinggi muka air di Bendung Katulampa untuk kalibrasi. Sedangkan alat bantu yang digunakan adalah Arc-GIS untuk penentuan batas DAS, HEC-HMS untuk transformasi hujan menjadi aliran, Zaitun Time Series untuk prediksi debit yang akan datang, serta MS Excel untuk perhitungan kebutuhan air dan perhitungan neraca air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan peta didapatkan luas DAS Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa sebesar 150 km² dengan 19 Sub-DAS. Luas tiap Sub-DAS adalah: Cibangkai 8,222 km², Ciesek 24,809 km², Cigede 1,444 km², Cihorani, 5,487 km², Cijambe 13,856 km², Cijulang 1,756 km², Cikamsen 2,712 km², Cilember 5,2 km², Ciliwung Hulu 1,732 km², Cipambutan 3,697 km², Cipari 0,96 km², Cipicung 2,056 km², Cisampay 7,691 km², Cisarua 23,445 km², Ciseuseupan 6,367 km², Cisucen 2,399 km², Cisuren 16,681 km², Pondok Rawa 8,304 km², dan Pusdiklat PLN 0,424 km².

Dari hasil perhitungan HEC-HMS menggunakan metode Snyder dengan parameter *standard lag* 0,6 serta *peaking coefficient* 0,2, debit andalan yang terjadi pada Sungai Ciliwung di bendung katulampa tersaji dalam tabel 2.

Tabel 2 Debit Hasil Hec-HMS Sungai Ciliwung Ruas Hulu Bendung Katulampa Tiap Bulan (m^3/dt)

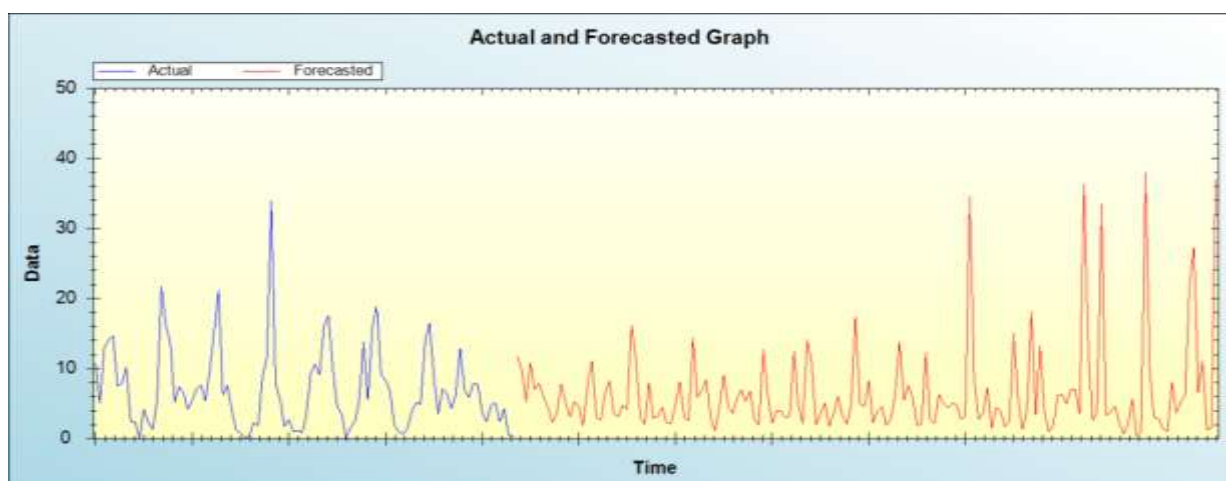
No	Tahun	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Spt	Okt	Nov	Des
1	2003	10.80	4.99	13.05	14.04	14.67	7.47	7.95	10.22	2.47	2.36	0.08	4.20
2	2004	2.33	1.31	5.30	21.80	16.16	13.76	5.19	7.40	6.56	4.19	5.45	7.09
3	2005	7.71	5.34	9.65	15.26	21.11	6.19	7.63	4.14	1.20	0.83	0.12	0.36
4	2006	2.31	1.80	8.82	11.60	33.90	7.81	5.59	1.75	2.77	1.03	1.14	0.87
5	2007	3.41	9.26	10.64	9.07	16.15	17.63	10.06	4.57	3.56	0.12	1.53	2.45
6	2008	5.30	13.79	5.52	15.88	18.84	9.12	8.31	6.92	1.94	1.00	0.61	1.47
7	2009	3.96	5.13	4.93	13.77	16.50	8.93	3.55	7.15	6.33	4.25	6.24	12.84
8	2010	6.89	5.92	7.85	7.79	3.73	2.42	4.77	5.12	2.38	4.30	0.52	0.40
9	2011	2.59	11.21	7.76	9.58	10.22	5.93	7.61	2.74	4.45	0.23	0.64	2.25
10	2012	9.15	12.30	9.74	12.33	6.42	4.86	2.21	7.83	6.96	13.95	22.82	7.92

Dari hasil perhitungan debit tersebut, kemudian disusun probabilitas menggunakan metode Weibull seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Probabilitas Debit Sungai Ciliwung Ruas Hulu Bendung Katulampa Tiap Bulan (m^3/dt)

Probabilitas (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9.1	32.0	39.6	20.3	15.0	16.0	9.3	7.2	8.0	15.0	13.7	17.5	19.2
18.2	23.8	27.8	12.7	10.6	10.6	6.6	4.4	5.2	11.4	9.2	12.4	14.2
27.3	17.8	22.8	10.9	8.6	8.4	5.3	3.2	2.5	5.8	6.6	8.8	11.4
36.4	13.9	20.1	9.2	7.0	6.7	4.1	1.7	1.5	3.6	5.4	6.9	9.8
45.5	11.6	16.4	7.9	5.6	5.6	3.1	0.9	0.7	2.4	4.3	5.5	8.8
54.5	8.8	12.7	6.6	4.4	4.7	2.1	0.5	0.5	1.6	3.5	4.7	7.2
63.6	7.2	11.0	5.2	3.5	3.7	1.2	0.2	0.3	0.9	2.9	3.4	5.8
72.7	4.8	9.5	3.6	2.8	2.7	0.8	0.1	0.1	0.6	2.1	2.8	4.8
81.8	2.5	5.9	2.8	1.8	1.7	0.4	0.0	0.1	0.3	1.0	1.7	3.2
90.9	0.8	2.9	1.3	1.2	0.8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.7	1.2	1.6

Dari hasil debit tersebut kemudian dihitung debit proyeksi 10 tahun yang akan datang dengan metode neural network. Data yang digunakan pada perhitungan ini disisakan 2 tahun untuk kalibrasi. Gambar 2 menunjukkan hasil perbandingan antara debit model dengan debit hasil perhitungan HEC-HMS.

**Gambar 2** Debit Andalan dan Debit Prediksi

Hasil model tersebut kemudian dikalibrasi dengan metode RMSE menggunakan 2 tahun data yang sebelumnya disisakan. Dari hasil perhitungan didapat nilai error 6,16. Nilai ini dianggap sudah mencukupi syarat nilai error RMSE.

Hasil model menunjukkan bahwa pada tahun 2023 Sungai Ciliwung di Bendung Katulampa memiliki debit antara 0 m³/dt hingga 2,88 m³/dt. Tabel 4 menampilkan debit tiap bulan pada Bendung Katulampa.

Tabel 4. Prediksi Debit Tahun 2023

Bulan	Debit (m ³ /dt)
Januari	1,98
Februari	1,41
Maret	2,88
April	1,79
Mei	2,56
Juni	2,15
Juli	2,32
Agustus	1,79
September	1,95
Oktober	0,23
November	0,20
Desember	0,50

Prediksi kebutuhan air domestik di kawasan DAS Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Prediksi Kebutuhan Air Domestik DAS Ciliwung Hulu Bendung Katulampa (lt/dt)

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	kebutuhan air 2013	kebutuhan air 2023
1	Banjar Sari	Ciawi	Bogor	8.84	9.97
2	Banjar Waru	Ciawi	Bogor	9.31	10.51
3	Bendungan	Ciawi	Bogor	11.72	13.22
4	Pandansari	Ciawi	Bogor	9.48	10.70
5	Sindang Sari	Bogor Timur	Kota Bogor	11.95	13.71
6	Citeko	Cisarua	Bogor	14.70	16.58
7	Cibeureum	Cisarua	Bogor	18.76	21.16
8	Tugu Selatan	Cisarua	Bogor	19.91	22.46
9	Tugu Utara	Cisarua	Bogor	12.71	14.34
10	Batulayang	Cisarua	Bogor	10.95	12.35
11	Cisarua	Cisarua	Bogor	10.62	11.98
12	Leuwimalang	Cisarua	Bogor	9.01	10.16
13	Jogjogan	Cisarua	Bogor	8.80	9.93
14	Cilember	Cisarua	Bogor	11.23	12.66
15	Kopo	Cisarua	Bogor	21.58	24.35
16	Sukaesmi	Megamendung	Bogor	5.26	5.94
17	Suka Galih	Megamendung	Bogor	9.62	10.86
18	Kuta	Megamendung	Bogor	7.21	8.14
19	Sukakarya	Megamendung	Bogor	7.41	8.36
20	Sukamanah	Megamendung	Bogor	7.79	8.79
21	Sukamaju	Megamendung	Bogor	8.17	9.22
22	Sukamahi	Megamendung	Bogor	9.84	11.10
23	Gadog	Megamendung	Bogor	7.71	8.70

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	kebutuhan air 2013	kebutuhan air 2023
24	Cipayung Datar	Megamendung	Bogor	17.62	19.87
25	Cipayung Girang	Megamendung	Bogor	10.49	11.83
26	Megamendung	Megamendung	Bogor	7.34	8.28
27	Sirnajaya	sukamakmur	Bogor	9.26	10.45
28	Wargajaya	sukamakmur	Bogor	9.28	10.47
29	Harjasari	Bogor Selatan	Kota Bogor	17.73	20.35
Jumlah				324.32	366.44

(Sumber: Hasil perhitungan berdasarkan data penduduk yang dikeluarkan oleh BPS tahun 2013)

Berdasarkan Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001 tentang pedoman penentuan standar pelayanan minimum bidang penataan ruang, perumahan dan pemukiman dan pekerjaan umum, maka pemenuhan air minimum yang disyaratkan adalah sebesar 55-75 % terlayani. Maka dengan syarat 60% terlayani, untuk tahun 2023 debit kebutuhan domestik adalah sebesar 366,44 lt/dt.

SIMPULAN

Debit andalan Sungai Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa berkisar antara 0 m³/dt hingga 2,9 m³/dt dengan kebutuhan domestik sebesar 0,19 m³/dt. Pada tahun 2023 Sungai Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa akan memiliki debit yang berkisar antara 0 m³/dt hingga 2,88 m³/dt dengan kebutuhan domestik 0,37 m³/dt yang berarti debit Sungai Ciliwung masih mencukupi untuk kebutuhan domestik.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya:

- Perlu memperhitungkan keberadaan situ.
- Perlu memperhitungkan keberadaan industri.
- Pengambilan secara liar perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2009. *Petunjuk Penggunaan Zaitun Time Series*

Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001 tentang Pedoman Penentuan Standar Pelayanan Minimal Bidang Penataan Ruang, Perumahan dan Permukiman dan Pekerjaan Umum.

SNI No. 19-6728.1-2002 Tentang Penyusunan Neraca Sumberdaya- Bagian 1: Sumberdaya Air Spasial

IGB. Sila Dharma, dkk., 2011. *Artificial Neural Networks untuk Pemodelan Curah Hujan-Limpasan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di Pulau Bali*. Jurnal Bumi Lestari, Volume 11, Februari 2011, hlm, 9-22.

Soemarto, C.D, 1987. *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional.