

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	02	02	36 - 41	2017	2252 - 5009

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 2 Nomer 2/rekat/17 (2017)

PEMANFAATAN BATU APUNG DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS

Abdul Ra'uf Alfansuri, Arie Wardhono, 01 – 11

ANALISA SISA MATERIAL DAN PENANGANANNYA PADA PROYEK APARTEMEN *ROYAL CITYLOFT* SURABAYA

M. Alfin Ahfihatna, Didiek Purwadi, 12 – 23

PENGARUH PENYIRAMAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS *PAVING STONE GEOPOLYMER* BERBAHAN DASAR ABU TERBANG

Raditya Eko Kurniawan, Arie Wardhono, 24 – 35

STUDI POLA OPERASI WADUK WONOREJO UNTUK PLTA

Pandra Christanty Suharto, Kusnan, 36 – 41



STUDI POLA OPERASI WADUK WONOREJO UNTUK PLTA

Pandra Christanty Suharto

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
fantris_prihardana@yahoo.com

Prof.Dr.Ir.Drs.H.Kusnan, S.E., M.M., M.T.

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Waduk wonorejo merupakan salah satu Waduk serbaguna yang dibangun pada ketinggian El. +140,00 m dan terletak di Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Waduk Wonorejo merupakan waduk tahunan yang menampung air di saat musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau. Selain untuk menampung air, Waduk Wonorejo juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik tenaga air (PLTA) sebesar 6,30 MW dengan menggunakan 1 unit turbin tipe *Horis* dan tanpa generator. Seiring dengan pertambahan penduduk dan aktivitas manusia, terjadi perubahan tata guna lahan di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Bodeng dan Sungai Wangi. Dampak yang terjadi pada Waduk Wonorejo akibat dari perubahan tata guna lahan tersebut, yaitu terjadinya perbedaan besar debit *inflow* saat musim kemarau atau musim penghujan sehingga debit *outflow* untuk pengendali banjir dan PLTA juga berubah-ubah. Oleh karena itu perlu adanya suatu studi mengenai pola operasi Waduk Wonorejo khususnya besarnya debit untuk keperluan pembangkit listrik tenaga air dan debit sungai yang menyuplai tampungan waduk.

Di dalam studi ini, analisa yang muncul adalah Debit *outflow* yang keluar menuju *intake* yang muncul setelah dilakukan analisis untuk keperluan PLTA adalah antara 3,174 m³/dt sampai 11,128 m³/dt. Dimana debit andalannya adalah 3,942. Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang berbeda sehingga debit yang keluar menyesuaikan dengan curah hujan yang ada. Debit yang masuk dari sungai setelah dilakukan perhitungan dengan metode FJ. Mock adalah antara 0,94 m³/dt sampai 16,99 m³/dt. Dimana debit andalannya adalah 1,833 m³/dt. Setelah dilakukan rekaya untuk menyesuaikan debit yang masuk dan yang keluar, debit *outflow* perlu dikurangi sampai memenuhi rentan 3,942 m³/dt – 5,00 m³/dt, yang kemudian sisanya dapat disimpan dan dialokasikan ke bulan lain yang kekurangan.

Kata Kunci: *outflow*, *inflow*, FJ. Mock

Abstract

Wonorejo Reservoir is one of the multipurpose reservoirs are built at an altitude El. +140.00 M and the located in the village of Wonorejo, District Pagerwojo, Tulungagung, East Java province, Indonesia. Reservoir Wonorejo an annual reservoirs that hold water in the rainy season and use it during the dry season. In addition to accommodate the water reservoir Wonorejo also used for hydroelectric power generation (hydropower) amounted to 6.30 MW turbine unit by using one type of *Horis* and without Generator. Along with the growth of population and human activities, changes in land use around watersheds (DAS) Bodeng and Wangi River. The impact that occurs in Reservoir Wonorejo result of changes in land use, namely the huge differences *inflow* debit during the dry season or the rainy season, so that the *outflow* discharge for hydropower is also changing. Hence the need for a study on the operation pattern Wonorejo reservoir for hydroelectric power plants.

In this study, the analysis is Debit *outflows* appear out towards the intake that emerged after the analysis for the purposes of hydropower is between 3.174 m³ / sec up to 11.128 m³ / sec. Where the discharge flagship is 3,942. This is caused by the different rainfall that discharge out to adjust the existing rainfall. Debit entry of the river after the calculation method of the FJ. Mock is between 0.94 m³ / s to 16.99 m³ / s. Where flagship discharge is 1,833 m³ / sec. After discharge rekaya to adjust incoming and

outgoing, *outflow* discharge vulnerable need to be reduced to meet the 3,942 m³ / sec - 5.00 m³ / s, then the rest can be stored and allocated to another month deficient.

Key Word: *outflow*, *inflow*, FJ. Mock

I. PENDAHULUAN

Waduk wonorejo merupakan salah satu Waduk serbaguna yang dibangun pada ketinggian El. +140,00 m dan terletak di Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Waduk Wonorejo termasuk dalam kategori Waduk besar di Indonesia dengan kapasitas muka air normal 122 juta m³ pada awal pembangunan. Waduk yang mulai dibangun pada tahun 1995 dan diresmikan tahun 2001 ini menampung curah hujan dari dua stasiun hujan, yakni stasiun desa Wonorejo dan stasiun Waduk Wonorejo sendiri (wawancara:2015).

Waduk Wonorejo merupakan waduk tahunan yang menampung air di saat musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau. Waduk Wonorejo merupakan jenis Waduk multi guna, yaitu Waduk yang mempunyai fungsi lebih dari satu (multi fungsi). Fungsi utama waduk Wonorejo yakni mengendalikan banjir, sehingga curah hujan tahunan sebanyak 1500 mm-2000 mm dapat ditampung oleh elevasi muka air banjir rencana yang sebesar +185,00 m. Selain untuk mengatasi banjir, Waduk Wonorejo juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik tenaga air (PLTA) sebesar 6,30 MW dengan menggunakan 1 unit turbin tipe *Horis* dan tanpa generator.

Seiring dengan penambahan penduduk dan aktivitas manusia, terjadi perubahan tata guna lahan di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Bodeng dan Sungai Wangi. Dampak yang terjadi pada Waduk Wonorejo akibat dari perubahan tata guna lahan tersebut, yaitu terjadinya perbedaan besar debit *inflow* yang masuk ke *intake* saat musim kemarau atau musim penghujan sehingga debit *inflow* untuk PLTA juga berubah-ubah.

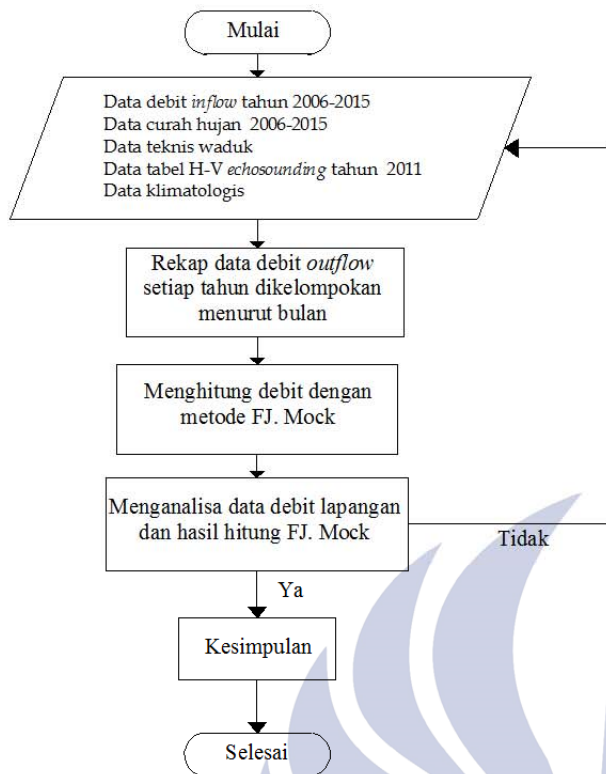
Maka diperlukan penelitian bagaimana debit yang terpakai untuk *intake* saat ini dan debit yang masuk melalui sungai ke dalam waduk menurut hitungan. Dari uraian latar belakang, dapat dirumuskan masalah yakni, Bagaimana pola operasi Waduk Wonorejo saat ini? Dengan memperhatikan rumusan masalah tersebut, studi ini bertujuan untuk mengetahui debit *inflow* saat ini yang diperlukan untuk keperluan PLTA dalam 10 tahun dan mengetahui debit *inflow* yang masuk dari sungai dalam 10 tahun.

II. METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian rekayasa teknik sipil yaitu penelitian untuk pengkajian ulang pada penelitian tertentu dalam ilmu ketekniksipilan agar

ditemukan masalah yang ada atau solusi yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan debit *inflow* dan *outflow* untuk mengetahui pola operasi yang terbentuk di waduk dan PLTA Wonorejo. Data yang diperlukan terkait dengan simulasi perencanaan pola operasi waduk adalah data debit *inflow* Waduk Wonorejo tahun 2006-2015, data curah hujan Wonorejo tahun 2006-2015, data teknis Waduk, data *echosounding* tahun 2011 dan data klimatologi di Wonorejo itu sendiri.

Langkah pengolahan data untuk penelitian ini adalah: Analisa data primer untuk menjadi data sekunder meliputi beberapa langkah, yakni: merekap Data Debit *Outflow* yang keluar ke *intake* dari tahun 2006 sampai dengan 2015, dimana debit ini memiliki fluktuasi besar debit, maka dilakukan sistem rekap setiap bulan untuk membuat analisa pola operasi. Menghitung Debit dengan Metode FJ. Mock untuk menentukan debit *inflow* yang masuk ke waduk dari sungai. Metode FJ. Mock dipilih karena menurut Nugroho (2011:230), Model FJ. Mock paling sering digunakan terutama di daerah dengan curah hujan tinggi sampai sedang seperti daerah Sumatra, Kalimantan, Jawa dan Bali. Prosedur perhitungan model FJ. Mock menggunakan rumus 2.1 sampai 2.3 dengan rincian sebagai berikut: nilai hujan bulanan didapat dari pencatatan data hujan bulanan dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan, menghitung evapotranspirasi, menghitung keseimbangan air di permukaan tanah dan menghitung simpanan air tanah. Apabila perhitungan dengan metode FJ. Mock selesai dihitung, prosedur selanjutnya adalah menganalisis Data *outflow* Lapangan dan Hasil Perhitungan FJ. Mock.



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi PLTA Wonorejo terletak di Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung. Jaraknya kurang lebih ($\pm$) 12 km ke arah barat dari pusat kota Tulungagung. Sungai yang menuju tampungan Waduk Wonorejo adalah Sungai Wangi, Sungai Bodeng dan Sungai Turi yang luas DAS adalah 126,30 km². Kondisi tata guna lahan disekitar hulu DAS adalah kebun campuran, pemukiman dan area persawahan. Proses tata guna lahan yang tidak sesuai menjadi salah satu pemicu terbentuknya sedimen pada sungai, yang kemudian terangkut oleh aliran air dan bermuara pada waduk.

A. Analisa Probabilitas Distribusi Frekuensi

Debit andalan dihitung dengan metode statistik probabilitas distribusi frekuensi yang kemudian disajikan dalam grafik *duration curve* untuk mendapatkan prosentase 90% dimana nilai itu adalah debit andalan untuk *outflow* ke *intake* keperluan PLTA.

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

$$n = 10 \text{ tahun} = 3652 \text{ hari}$$

$$a_{\max} = \text{debit max} = 11,1 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$a_{\min} = \text{debit min} = 3,31 \text{ m}^3/\text{dt}$$

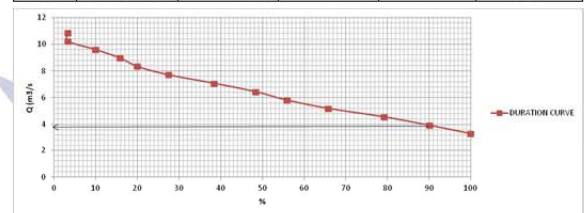
$$R = a_{\max} - a_{\min} = 11,1 \text{ m}^3/\text{dt} - 3,31 \text{ m}^3/\text{dt} = 7,82 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$K = 1 + 3,3322 \log(n) = 1 + 3,3322 \log(10) = 12,87 \approx 13$$

$$\text{Interval} = \frac{R}{K} = \frac{7,82}{13} = 0,63$$

Tabel 4.1 Tabel prosentase frekuensi kumulatif debit

NO	INTERVAL	TITIK TENGAH	FREKUENSI	FREKUENSI KUMULATIF	PERSENTASE %
1	3,0 - 3,63	3,314	12	120	100
2	3,64 - 4,26	3,942	13	108	90
3	4,27 - 4,88	4,57	16	95	79,17
4	4,89 - 5,51	5,198	12	79	65,83
5	5,52 - 6,14	5,826	9	67	55,83
6	6,15 - 6,77	6,454	12	58	48,33
7	6,78 - 7,40	7,082	13	46	38,33
8	7,41 - 8,02	7,71	9	33	27,5
9	8,03 - 8,65	8,338	5	24	20,00
10	8,66 - 9,28	8,966	7	19	15,83
11	9,29 - 9,91	9,594	8	12	10,00
12	9,92 - 10,54	10,222	0	4	3,33
13	10,55 - 11,16	10,85	4	4	3,33



Gambar 4.10 *Duration curve* 90% untuk PLTA

Terlihat dari gambar 4.10 bahwa titik 90% untuk PLTA jika ditarik ke kiri menunjukkan angka 3,942 m³/dt. Angka tersebutlah yang dinamakan debit andalan, yakni debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin, dan debit andalan untuk PLTA ditetapkan debit tersedia 90%.

B. Debit dengan Perhitungan FJ. Mock

Perhitungan debit dengan metode FJ. Mock digunakan untuk mengetahui bagaimana debit yang masuk ke waduk dari perhitungan menggunakan data curah hujan. Dalam menentukan debit berdasarkan teori FJ. Mock dilakukan perhitungan sebagai berikut (Nugroho, 2010:234):

1. Tentukan curah hujan yang bersumber dari data.
2. Hitung hari hujan dari data curah hujan harian yang tertera di dalam data.
3. Hitung evapotranspirasi terbatas

Hitung evapotranspirasi potensial dengan proses sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006:66):

- a. Tentukan suhu udara rata-rata bulanan dari data klimatologi. ($t = ^\circ\text{C}$) ke tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Suhu udara rata-rata bulanan

bulan	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
jan	16,30	15,5	15,6	15,2	14,6	12,53	12,41	14,6	12,9	12,5
feb	16,20	15,2	15,33	15,2	14,76	12,5	12,7	14,1	12,6	12,6
maret	16,10	15,5	15,2	15,3	15,2	12,7	13,2	14,3	12,5	12,4
april	16,50	16,1	15,8	15,6	15,2	12,7	12,5	13,8	12,1	12,1
mei	16,10	15,9	15,5	15,2	15,4	12,8	12,5	14,1	12,5	12,8
juni	15,10	15	14,5	14,5	15,3	12,2	13,5	14,2	12,9	14,2
juli	13,80	14,1	13,7	13,5	14,8	12,1	13,7	14	13,1	15,6
agustus	13,80	13,9	14,3	13,6	14,9	12	13,8	13,7	13,4	15,3
sept	13,70	14,2	15,5	14,4	15	12,4	12,9	13,5	12,6	14,8
okt	15,10	15,4	15,6	15,2	14,8	12,7	13,1	14,1	13,5	13,7
nov	17,00	15,4	15,3	15,4	14,5	12,1	13,1	13,9	12,9	12,4
des	16,30	15,5	15,2	14,6	15,1	12,3	13,2	14,3	13,5	12,6

Sumber: PJT 1

- b. Setelah mengetahui suhu rata-rata bulanan, plotkan suhu ke tabel indeks evapotranspirasi pada tabel 4.3 untuk memperoleh nilai i .

- c. Selanjutnya adalah menghitung nilai koefisien a dengan rumus berikut:

$$a = 0,000000675i^3 - 0,000071i^2 + 0,01792i + 0,49239$$

- d. Hitung evapotranspirasi dengan rumus:

$$e = 1,6 \left(10 \times \frac{t}{i}\right)^a$$

Permukaan lahan terbuka (m) yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi terbatas ditetapkan 35% yakni asumsi lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang, dan perkebunan) (Nugroho, 2010:231)

4. Hitung keseimbangan air.

Keseimbangan air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\Delta s = P - Et$$

Parameter terpakai untuk nilai faktor aliran hujan lebat ditetapkan 65% dari interval 0% sampai 100%. Untuk nilai kapasitas kelembapan tanah (*soil moisture capacity*) ditetapkan 80 mm.

5. Hitung keseimbangan air.

Keseimbangan air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\Delta s = P - Et$$

Parameter terpakai untuk nilai faktor aliran hujan lebat ditetapkan 65% dari interval 0% sampai 100%. Untuk nilai kapasitas kelembapan tanah (*soil moisture capacity*) ditetapkan 80 mm.

Tabel 4.3 Tabel indeks evapotranspirasi

Tabel 4-5 Tabel untuk memperoleh $i = (t/5)^{0,314}$

T ^o C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0										
1	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23
2	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44
3	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61	.63	.66	.69
4	.71	.74	.77	.80	.82	.85	.88	.91	.94	.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
6	1.32	1.35	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.12	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.44	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.97	9.04	9.10	9.17	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.82	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.62	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.78
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.43	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.68	15.76
31	15.84	15.92	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.78	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.73	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.22	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.03	19.11	19.20	19.28	19.36	19.45	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.95	20.03	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.47
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.33
39	22.42	22.51	22.59	22.68	22.77	22.86	22.95	23.03	23.12	23.21
40	23.30									

Sumber : Nugroho, 2010

6. Hitung keseimbangan air.

Keseimbangan air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\Delta s = P - Et$$

Parameter terpakai untuk nilai faktor aliran hujan lebat ditetapkan 65% dari interval 0% sampai 100%. Untuk nilai kapasitas kelembapan tanah (*soil moisture capacity*) ditetapkan 80 mm.

7. Hitung Aliran dan simpanan air tanah.

Simpanan air tanah membutuhkan data volume air tanah bulanan. Untuk data air tanah bulanan, peneliti mengalami keterbatasan data sehingga, faktor aliran dan simpanan tanah diabaikan dan ditetapkan dengan nilai 80 mm/bulan. Nilai koefisien infiltrasi (i) diambil 0,2 dari interval 0,2 sampai 0,5. Faktor resesi aliran tanah (k) diambil 0,5 dari interval 0,4 sampai 0,7.

8. Hitung akumulasi debit aliran sungai.

C. Analisa Probabilitas Distribusi Frekuensi

Setelah perhitungan selesai dari rekap yang tersaji di tabel 4.5, selanjutnya dihitung debit andalan seperti pada debit *outflow* untuk menentukan debit *inflow* yang harus tersedia sepanjang tahun. Proses perhitungan tetap menggunakan metode probabilitas distribusi frekuensi dan hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

$$n = 10 \text{ tahun} = 3652 \text{ hari}$$

$$a_{\max} = \text{debit max} = 19,95 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$a_{\min} = \text{debit min} = 0,94 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$R = a_{\max} - a_{\min} = 19,95 \text{ m}^3/\text{dt} - 0,94 \text{ m}^3/\text{dt} = 19,01 \text{ m}^3/\text{dt}$$

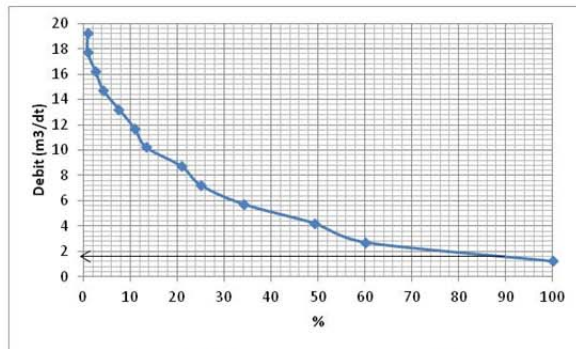
$$K = 1 + 3,3322 \log(n) = 1 + 3,3322 \log(10) = 12,87 \approx 13$$

$$\text{Interval} = \frac{R}{K} = \frac{19,01}{13} = 1,477 \approx 1,5$$

$$\text{Interval} = \frac{R}{K} = \frac{19,01}{13} = 1,477 \approx 1,5$$

Tabel 4.5 Tabel prosentase frekuensi kumulatif debit FJ. Mock

NO	INTERVAL	TITIK	FREKUENSI	FREKUENSI KUMULATIF	PERSENTASE %
		TENGAH			
1	0,5 - 2,00	1,25	48	120	100
2	2,01 - 3,50	2,75	13	72	60
3	3,51 - 5,00	4,25	18	59	49,17
4	5,01 - 6,50	5,75	11	41	34,17
5	6,51 - 8,00	7,25	5	30	25,00
6	8,01 - 9,50	8,75	9	25	20,83
7	9,51 - 11,00	10,25	3	16	13,33
8	11,01 - 12,50	11,75	4	13	10,83
9	12,51 - 14,00	13,25	4	9	7,50
10	14,01 - 15,50	14,75	2	5	4,17
11	15,51 - 17,00	16,25	2	3	2,50
12	17,01 - 18,50	17,75	0	1	0,83
13	18,51 - 20,00	19,25	1	1	0,83



Gambar 4.11 Duration Curve FJ. Mock

Terlihat dari gambar 4.11 bahwa titik 90% untuk FJ. Mock jika ditarik ke kiri menunjukkan angka 1,833 m³/dt. Angka tersebutlah yang dinamakan debit andalan, yakni debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin, dan debit andalan untuk PLTA ditetapkan debit tersedia 90%.

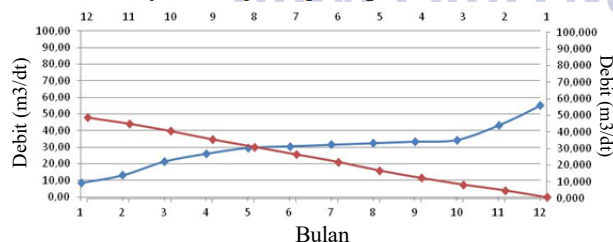
D. Hubungan debit *inflow* dan *outflow*

Hubungan debit *inflow* dan *outflow* akan disajikan dalam bentuk grafik, dimana kurva berwarna biru adalah kurva debit *inflow* dari perhitungan FJ. Mock dan kurva berwarna merah adalah kurva debit *outflow* yang keluar ke *intake*.

Setelah dihitung, *outflow* lebih besar dari pada *inflow*, sehingga perlu dilakukan rekayasa besarnya debit *outflow*. Rekayasa yang dilakukan peneliti menggunakan metode *trial and error* mengganti debit *outflow* yang keluar.

Rekayasa dilakukan pada debit yang besarnya lebih dari 5,000 m³/dt, dan debit minimum didasarkan pada debit andalan untuk menanggulangi kekurangan air. Debit andalan untuk *inflow* dari FJ. Mock adalah 1,833 m³/dt dan debit andalan untuk *outflow* adalah 3,942 m³/dt. Debit yang besarnya sampai 11,132 m³/dt, yang disebabkan oleh curah hujan diatas waduk yang tinggi, sebaiknya disimpan dan dikeluarkan pada bulan berikutnya saat debit *inflow* dari sungai (FJ. Mock) cenderung rendah atau kurang.

Grafik hubungan debit *inflow* dan *outflow* yang telah direkayasa disajikan pada gambar berikut ini:



Pada grafik diatas terlihat bahwa kurva berwarna merah (*outflow*) berada pada 1,462 m³/dt (lihat di tabel 4.7). Dari pernyataan ini dapat disimpulkan bahwa debit *inflow* dari perhitungan FJ. Mock dapat digunakan ke *intake* namun perlu memperhatikan kondisi tampungan, mampu atau tidak untuk menyediakan suplai air jika terjadi kekurangan. Untuk

itu perlu dihitung volume tampungan pakai sebagai berikut:

$$\text{Vol. Tampungan} = Q_{\text{kumulatif}} \times 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Vol. Tampungan} = 551,20 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3652 \text{ hari} = 2.012.982,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Aktif} = 10.000.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Aktif} = 10.000.000 \text{ m}^3 > \text{Vol Tampungan} = 2.012.982 \text{ m}^3$$

Jadi tampungan masih mampu menyediakan suplai air *outflow* untuk keperluan PLTA jika debit *inflow* dari sungai rendah atau kurang.

PENUTUP

Simpulan

Menganalisa dari pembahasan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Debit *outflow* yang keluar menuju *intake* yang muncul setelah dilakukan analisis untuk keperluan PLTA adalah antara 3,174 m³/dt sampai 11,128 m³/dt. Dimana debit andalannya adalah 3,942 m³/dt. Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang berbeda sehingga debit yang keluar menyesuaikan dengan curah hujan yang ada.
2. Debit yang masuk dari sungai setelah dilakukan perhitungan dengan metode FJ. Mock adalah antara 0,94 m³/dt sampai 16,99 m³/dt. Dimana debit andalannya adalah 1,833 m³/dt. Setelah dilakukan rekayasa untuk menyesuaikan debit yang masuk dan yang keluar, debit *outflow* perlu dikurangi sampai memenuhi rentan 3,942 m³/dt – 5,00 m³/dt, yang kemudian sisanya dapat disimpan dan dialokasikan ke bulan lain yang kekurangan

Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dalam materi ini antara lain:

1. Penelitian ini dapat dikaji lebih mendalam dengan memperhitungkan sedimentasinya
2. Pengurangan debit *outflow* yang besar dapat digunakan untuk menyuplai debit *outflow* yang kecil ketika debit *inflow* dari sungai juga kecil.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu untuk menjadi salah satu literatur penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Chairul. 2012. *Prinsip Kerja Echo Sounder*. (online), ([http:// Prinsip kerja Echo sounder - Alam Ikan.html](http://Prinsip%20kerja%20Echo%20sunder%20-%20Alam%20Ikan.html)), Diakses 16 Juni 2016)
- Hadisusanto, Nugroho. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Joga Mediautama.
- Pratama, Sesar Yudo. 2010. *Studi Optimasi Operasional Waduk Sengguruh untuk Pembangkit Listrik Tenaga air*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: PPs Intitut Teknologi Sepuluh November.

- Rahman, Kurdianto Idi. 2014. *Studi Pola Operasi Waduk Selorejo dengan Peninggian Low Water Level Operasional*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: PPs Universitas Brawijaya.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, Suyono. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

