

PENENTUAN POLA OPERASI WADUK BAJULMATI KABUPATEN BANYUWANGI JAWA TIMUR

Era Shelly Melania¹, Tri Budi Prayogo², Anggara Wiyono Wit Saputra²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mail: Rashellymelani@gmail.com¹

ABSTRAK

Waduk Bajulmati terletak di dua Kabupaten yaitu Kabupaten Banyuwangi dan Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Luas daerah irigasi bajulmati adalah 1800 Ha, namun hanya 779 Ha saja yang mendapat suplai air secara stabil. Selain untuk mengatasi masalah irigasi, waduk Bajulmati juga berfungsi sebagai penyedia air bersih untuk 18.000 KK dan pembangkit listrik. Untuk dapat memenuhi berbagai fungsi tersebut secara optimal, maka diperlukan suatu rancangan pengoperasian waduk Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur. Langkah awal yang dilakukan dalam kajian ini adalah analisa hidrologi untuk mendapatkan debit ketersediaan aliran sungai dengan metode FJ. Mock dengan keandalan 26,02 %, 50,68 %, 75,34 %, dan 97,30 %. Kemudian melakukan simulasi berdasarkan tampungan waduk (metode I) untuk mendapatkan pola operasi yang optimal, dan menganalisa lepasan optimal melalui program dinamik. Hasil lepasan yang diperoleh dari program dinamik digunakan untuk simulasi penentuan pola operasi waduk yang paling optimal berdasarkan program dinamik (metode II). Selanjutnya menganalisa pola operasi yang paling optimal dari dua metode tersebut berdasarkan beberapa parameter keberhasilan. Berdasarkan parameter-parameter yang terdiri dari peluang keandalan waduk, jumlah *spillout*, pemenuhan kebutuhan irigasi dan air baku, produksi listrik yang dihasilkan, serta perbandingan setiap kebutuhan dan lepasan pada setiap periodenya dalam setiap keandalan debit, disimpulkan bahwa aturan pola operasi waduk Bajulmati yang paling optimal adalah aturan pola operasi yang dihasilkan oleh program dinamik. Sehingga pola operasi tersebut dapat diterapkan dalam pengoperasian waduk Bajulmati.

Kata kunci: Waduk Bajulmati, Kebutuhan air, Simulasi, Aturan pola operasi waduk, *Rule Curve*

ABSTRACT

Bajulmati reservoir is located between Banyuwangi and Situbondo Region, East Java. Bajulmati extensive irrigation area is 1800 hectares, but only 779 hectares of which has a stable water supply. In addition, to solve the irrigation problem, Bajulmati dam also will be used to provide of clean water for 18000 households and power plants. In order to fulfill these functions optimally, it needs an operation pattern of Bajulmati reservoir. The first step in this study is an analysis of hydrology to obtain discharge availability of river flow using FJ Mock method with reliability of 26.02%, 50.68%, 75.34% and 97.30%. Furthermore, perform a simulation based on catchment reservoirs (method I) to obtain optimal operation patterns, and analyze the optimum outflow from dynamic program. The outflow as a results obtained from the dynamic program used for simulation to determine the operation pattern to get the most optimal reservoir operation pattern based on dynamic program (method II). Then analyzing the most optimal operational pattern of the two methods based on several parameters of success. Based on the parameters consisting of the opportunities reliability of reservoirs, the amount spillout, the fulfillment of the irrigation and raw water requirements, the electricity production, as well as the comparison of each requirement and outflow in each period in each of the reliability of the discharge, this study concludes that the most optimal operation pattern of reservoir operation rules of Bajulmati reservoir is the operation pattern rules from dynamic program. Based on the result, it shown that the operation pattern can be applied in the operation pattern of Bajulmati reservoir.

Keywords: *Bajulmati reservoir, Water Requirement, Simulation, Reservoir Operation Pattern, Rule Curve.*

1. PENDAHULUAN

Air adalah sumber kehidupan bagi makhluk hidup yang keberadaannya mutlak diperlukan, dengan bertambah tuanya planet bumi ini terjadi pemanasan global yang mengakibatkan berkurangnya jumlah volume air hujan (Macdonald, 2001). Air memiliki manfaat yang sangat besar bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, untuk itu perlu adanya berbagai usaha yang dilakukan untuk mengelola sumber daya air yang ada dengan sebaik-baiknya.

Dalam pemanfaatan air diperlukan pengaturan yang cermat agar diperoleh hasil yang maksimum, diperlukan rencana pendistribusian air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan air seperti kebutuhan air untuk mengairi sawah (irigasi), air baku, dan lain-lain. Salah satu upaya untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan membuat suatu tampungan air atau waduk yang akan menampung air saat terjadi kelebihan air sehingga air tetap tersedia saat terjadi musim kemarau.

Tujuan perencanaan operasi waduk Bajulmati ini adalah untuk menentukan pendistribusian air sesuai dengan kondisi keandalan debit 26,02 % (debit air cukup), 50,68 % (debit air rendah), 75,34 % (debit air normal), dan 97,30 % (debit air kering) juga untuk mengetahui keuntungan maksimum yang diperoleh pada tiap keandalan debit dengan menggunakan metode dinamik, serta mengetahui aturan lepasan pola operasi waduk Bajulmati yang paling optimal.

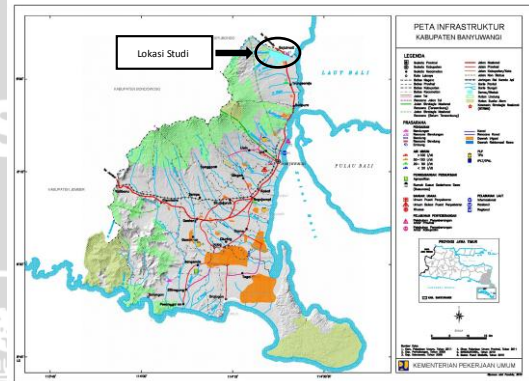
Manfaat dari studi ini adalah sebagai pertimbangan bagi instansi yang terkait sebagai acuan penentuan kapasitas dan pola operasi Waduk Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur sehingga dapat memenuhi kebutuhan air di daerah tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi Studi

Waduk Bajulmati terletak di 2 (dua) kabupaten, yaitu Kabupaten Banyuwangi

dan Kabupaten Situbondo Jawa Timur. Secara astronomis Kabupaten Banyuwangi terletak di $7^{\circ} 43' 39'' - 8^{\circ} 46' 39''$ LS dan $113^{\circ} 53' 06'' - 114^{\circ} 38' 04''$ BT. Kabupaten Banyuwangi memiliki panjang garis pantai sekitar 175,8 km yang membujur sepanjang batas selatan timur Kabupaten Banyuwangi dan berada pada ketinggian antara 25 – 100 meter di atas permukaan laut.



Gambar 1. Lokasi Daerah Studi

2.2. Data Yang Digunakan

Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisa dalam studi ini antara lain:

1. Data Curah Hujan
2. Data Klimatologi
3. Data Kebutuhan Air
4. Data Teknis Waduk Bajulmati
5. Data Karakteristik DAS

2.3. Tahapan Penyelesaian

Tahapan perhitungan dan analisa yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa curah hujan menggunakan metode lengkung massa ganda dan rata-rata hitung.
2. Menghitung evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman.
3. Menghitung debit ketersediaan aliran sungai menggunakan metode FJ. Mock.
4. Melakukan analisa debit andalan menggunakan metode *Basic Year* dengan keandalan debit 26,02 %, 50,68 %, 75,34 %, dan 97,30 %.

- Merencanakan pola operasi waduk menggunakan metode simulasi berdasar tampungan dan program dinamik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Curah Hujan

Dalam studi ini, data curah hujan diuji menggunakan metode Kurva Massa Ganda, dan data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah menggunakan curah hujan rerata 10 harian yang didapat dari metode rata-rata hitung dari tiga stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Bajulmati, Alas Buluh, dan Wongsorejo selama 19 tahun.

3.2. Pembangkitan Debit

Pembangkitan debit dilakukan menggunakan metode F.J. Mock. Terdapat berbagai parameter yang digunakan untuk perhitungan ini, pada studi ini parameter yang dipakai ditentukan berdasar peta tata guna lokasi studi yang diantaranya adalah :

- Kelembaban tanah (SMC) : 175 mm
- Koefisien infiltrasi (i) : 0,2
- Faktor resesi air tanah (k) : 0,6
- Faktor bukaan lahan (m) : 25 %
(dan bertambah 10 % pada musim kemarau)

Selain parameter-parameter tersebut, nilai evapotranspirasi potensial yang digunakan dalam perhitungan didapat dari perhitungan menggunakan metode Penman.

Setelah didapatkan debit bangkitan selama 19 tahun, selanjutnya dilakukan pengujian statistik menggunakan metode Analisa Korelasi Sederhana. Pada pengujian ini, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,983. Hal ini menunjukkan hubungan korelasi yang kuat antara data hujan dan data debit bangkitan (mendekati 1). Kemudian, melalui uji-t didapatkan nilai t_{cr} 2,90 dengan derajat kepercayaan 99,5 %, yang berarti pasangan variabel X (data hujan) dan variabel Y (data debit bangkitan) memiliki korelasi yang kuat sehingga

data bangkitan debit F.J. Mock ini layak dan dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

3.3. Analisa Debit Andalan

Perhitungan debit andalan menggunakan analisa tahun dasar perencanaan (*basic year*) dengan keandalan debit yang digunakan sebesar 26,02 %, 50,68 %, 75,34 %, dan 97,30 %.

Tabel 1. Debit Andalan

No	Total Debit		Total Debit Terurut		Probabilitas %
	Tahun	Q (m ³ /dt)	Tahun	Q (m ³ /dt)	
1	1995	100.5254	1998	205.040	
2	1996	48.6355	2013	185.565	
3	1997	62.3099	1999	138.080	
4	1998	205.0403	1995	100.525	
5	1999	138.0797	2010	98.351	26.02
6	2000	82.0964	2011	90.722	
7	2001	55.2535	2006	89.085	
8	2002	48.7177	2012	88.515	
9	2003	85.7485	2003	85.748	
10	2004	48.6386	2000	82.096	50.68
11	2005	57.4613	2008	77.004	
12	2006	89.0849	1997	62.310	
13	2007	40.9439	2005	57.461	
14	2008	77.0039	2009	56.576	
15	2009	56.5758	2001	55.254	75.34
16	2010	98.3511	2002	48.718	
17	2011	90.7216	2004	48.639	
18	2012	88.5155	1996	48.635	
19	2013	185.5655	2007	40.944	97.30

3.4. Simulasi Operasi Waduk Bajulmati

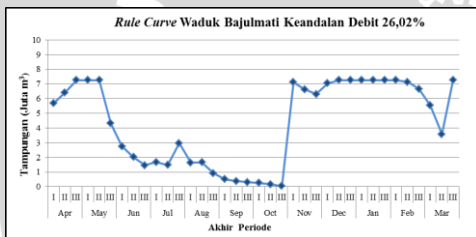
Dalam operasi Waduk Bajulmati mempunyai skala prioritas pelayanan kebutuhan dalam penyediaan air untuk melayani kebutuhan air irigasi pada D.I. Bajulmati. Perilaku yang diterapkan dalam simulasi ini adalah sebagai berikut:

- Simulasi dilakukan pada kondisi debit air cukup, air normal, air rendah, dan air kering.
- Operasi waduk didasarkan pertimbangan antara aliran masuk dan aliran keluar.
- Terjadi Keseimbangan antara volume tampungan, yaitu kondisi awal dan akhir operasi.
- Semua lepasan untuk melayani kebutuhan air di usahakan semaksimal mungkin
- Awal simulasi dilakukan pada saat kondisi tampungan waduk dalam

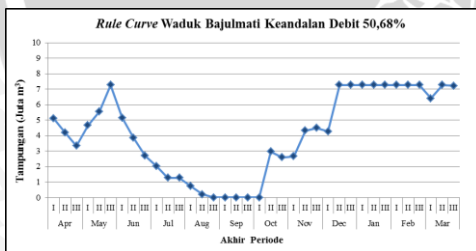
keadaan penuh setelah masa pengisian pada musim hujan.

6. Pemanfaatan air digunakan seoptimal mungkin yang dilakukan dengan cara meminimalisir *Spillout*.
7. Dalam studi ini, dikarenakan fungsi utama waduk Bajulmati adalah untuk mencukupi kebutuhan air irigasi, maka yang diutamakan adalah suplai air irigasi. Maksudnya jika volume air yang tersedia melebihi jumlah kebutuhan air irigasi, maka sisanya akan digunakan untuk menyuplai air baku sesuai dengan jumlah kebutuhan namun jika volume yang tersedia \leq jumlah kebutuhan air irigasi, maka air tersebut akan disuplai untuk kebutuhan air irigasi saja.

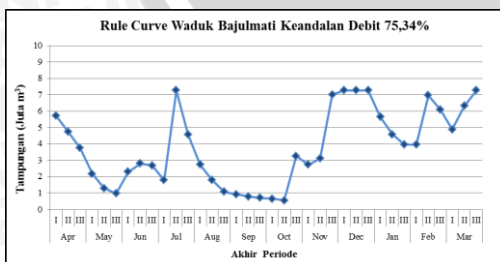
a. Simulasi Berdsar Tampungn Waduk



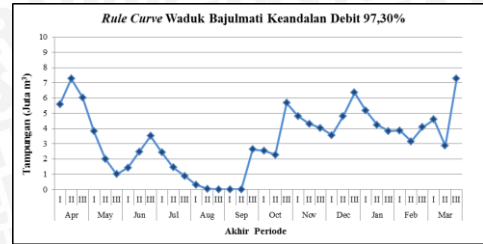
Gambar 2. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 26,02 %.



Gambar 3. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 50,68 %.

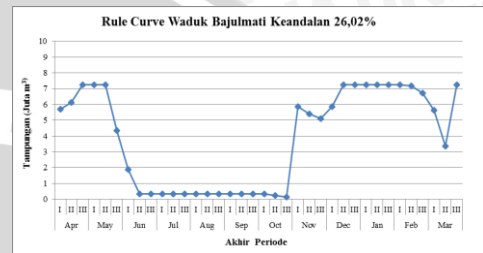


Gambar 4. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 75,34 %.

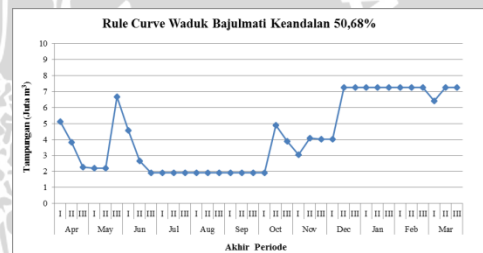


Gambar 5. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 97,30 %.

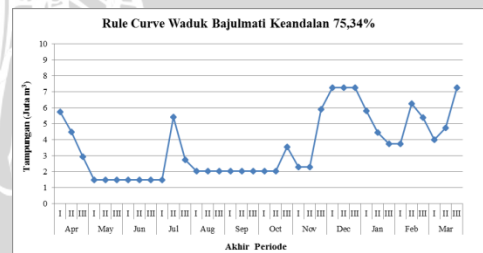
b. Simulasi Berdasar Program Dinamik



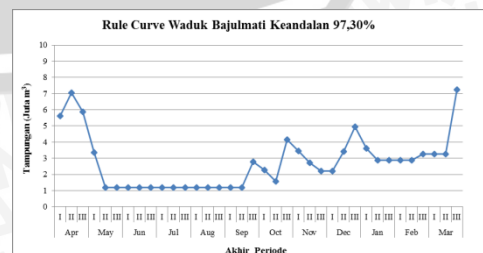
Gambar 6. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 26,02 %.



Gambar 7. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 50,68 %.



Gambar 8. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 75,34 %.



Gambar 9. *Rule Curve* Waduk dengan Keandalan Debit 97,30 %.



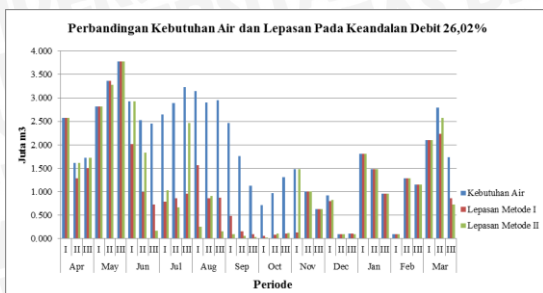
3.5. Perbandingan Hasil Kedua Metode

Tabel 2. Rekapitulasi dan Perbandingan Hasil Kedua Metode

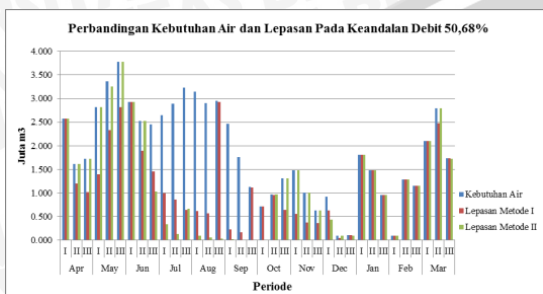
Keandalan Debit	26,02 %		50,68 %		75,34 %		97,30 %	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Metode								
Jumlah Keandalan	36	36	31	36	36	36	33	36
Jumlah Kegagalan	0	0	5	0	0	0	3	0
Peluang Keandalan Waduk	100%	100%	86%	100%	100%	100%	92%	100%
Spillout (Juta m3)	45,315	43,921	33,551	25,519	14,461	12,611	6,230	5,541
Pemenuhan Kebutuhan Irigasi	61,19 %	63,50 %	65,12 %	63,67 %	51,25 %	54,19 %	46,96 %	46,66 %
Pemenuhan Air Baku	41,53%	63,28 %	40,95 %	63,28 %	20,72 %	42,92 %	9,66 %	38,41 %
Produksi PLTA (MWh)	2170,45	2392,52	2256,17	2425,99	1651,01	1860,22	1351,39	1555,90

Tabel 3. Rekapitulasi Perbandingan Lepasn Waduk Pada Tiap Keandalan Debit

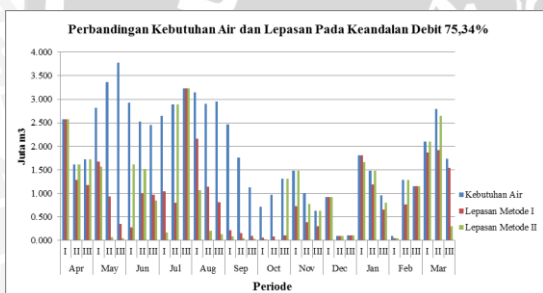
Bulan	Periode	Kebutuhan	26,02%		50,68%		75,34%		97,30%	
			Metode I	Metode II	Metode I	Metode II	Metode I	Metode II	Metode I	Metode II
			(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)	(Juta m3)
Apr	I	2.576	2.576	2.576	2.573	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
	II	1.613	1.285	1.613	1.200	1.613	1.285	1.613	1.286	1.584
	III	1.719	1.509	1.719	1.014	1.719	1.177	1.719	1.719	1.719
May	I	2.814	2.814	2.813	1.398	2.813	1.679	1.57	2.526	2.813
	II	3.370	3.370	3.275	2.326	3.253	0.929	0.071	1.977	2.365
	III	3.779	3.779	3.78	2.818	3.78	0.351	0.043	1.096	0.113
Jun	I	2.930	2.015	2.93	2.927	2.93	0.274	1.607	0.577	1.012
	II	2.530	0.991	1.827	1.887	2.53	0.997	1.518	0.497	1.568
	III	2.448	0.726	0.168	1.450	1.033	0.963	0.846	0.947	1.992
Jul	I	2.649	0.785	1.03	0.996	0.329	1.042	0.162	1.316	0.245
	II	2.894	0.859	0.662	0.858	0.122	0.797	2.894	1.119	0.147
	III	3.233	0.960	2.469	0.635	0.659	3.233	3.234	0.634	0.088
Aug	I	3.145	1.561	0.251	0.615	0.088	2.158	1.068	0.615	0.053
	II	2.898	0.856	0.907	0.566	0.053	1.136	0.205	0.276	0.032
	III	2.953	0.871	0.148	2.923	0.032	0.808	0.123	0.281	0.019
Sep	I	2.465	0.476	0.089	0.230	0.019	0.218	0.074	0.230	0.011
	II	1.759	0.154	0.053	0.160	0.011	0.150	0.044	0.160	0.007
	III	1.131	0.093	0.032	1.119	0.007	0.090	0.027	0.097	1.131
Oct	I	0.714	0.049	0.019	0.707	0.004	0.049	0.016	0.259	0.714
	II	0.968	0.074	0.106	0.958	0.967	0.075	0.01	0.358	0.852
	III	1.312	0.106	0.112	0.638	1.313	0.108	1.313	0.491	1.313
Nov	I	1.481	0.131	1.481	0.549	1.481	0.729	1.481	1.179	1.064
	II	1.009	1.009	1.009	0.370	1.009	0.387	0.777	0.688	0.928
	III	0.622	0.622	0.622	0.360	0.622	0.300	0.622	0.356	0.622
Dec	I	0.915	0.801	0.82	0.626	0.431	0.915	0.915	0.529	0.073
	II	0.095	0.095	0.095	0.047	0.095	0.095	0.095	0.037	0.095
	III	0.105	0.105	0.095	0.104	0.095	0.105	0.105	0.064	0.105
Jan	I	1.814	1.814	1.813	1.812	1.813	1.814	1.666	1.628	1.813
	II	1.484	1.484	1.484	1.482	1.484	1.182	1.484	1.183	1.001
	III	0.958	0.958	0.959	0.957	0.959	0.653	0.803	0.556	0.165



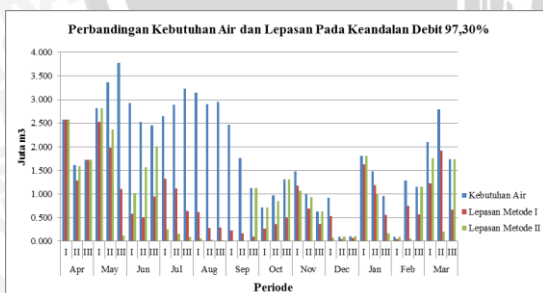
Gambar 10. Perbandingan Lepasn Waduk Pada Keandalan 26,02 %.



Gambar 11. Perbandingan Lepasn Waduk Pada Keandalan 50,68 %.



Gambar 12. Perbandingan Lepasn Waduk Pada Keandalan 75,34 %.



Gambar 13. Perbandingan Lepasn Waduk Pada Keandalan 97,30 %.

Berdasarkan tabel dan gambar-gambar diatas, dapat diketahui bahwa lepasan yang dihasilkan oleh program dinamik adalah lebih besar dari lepasan yang dihasilkan oleh simulasi berdasarkan tampungan waduk pada bulan april sampai Juli dan November

sampai maret, sedangkan pada bulan agustus sampai oktober lepasan yang dihasilkan oleh program dinamik lebih kecil dari dari lepasan yang dihasilkan oleh simulasi berdasarkan tampungan waduk. Namun secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa bahwa lepasan yang dihasilkan oleh program dinamik adalah lebih besar dari lepasan yang dihasilkan oleh simulasi berdasarkan tampungan waduk. Hal ini menunjukkan bahwa lepasan yang dihasilkan oleh program dinamik (metode II) lebih optimal, artinya dapat memenuhi kebutuhan air semaksimal mungkin pada setiap periode. Jadi kesimpulan berdasarkan berbagai parameter yang telah disebutkan diatas adalah pola operasi yang didapat dari metode II (program dinamik) adalah yang paling optimal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya debit inflow yang digunakan dalam analisis adalah debit andalan berdasarkan kondisi debit air musim cukup (26,02%), kondisi debit air musim normal (50,68%), kondisi debit air musim rendah (75,34%), dan kondisi debit air musim kering (97,30). Debit andalan untuk setiap kondisi debit berkisar antara:

- Kondisi debit air musim cukup = 0,0073 – 15,2231 m³/detik dengan debit rata-rata 2,7320 m³/detik
- Kondisi debit air musim normal = 0,0048 – 11,5766 m³/detik dengan debit rata-rata 2,2805 m³/detik
- Kondisi debit air musim rendah = 0,0111 – 7,8867 m³/detik dengan debit rata-rata 1,5348 m³/detik
- Kondisi debit air musim kering

= 0,0079 – 11,8610 m³/detik
dengan debit rata-rata 1,1373 m³/detik

2. Pemodelan pengoperasian atau pedoman lepasan pola operasi Waduk Bajulmati yang diperoleh dari kedua metode adalah sebagai berikut:
 - a. Pada metode simulasi berdasarkan tampungan waduk, pedoman lepasan mengacu pada *rule curve* pada masing-masing keandalan debit (probabilitas) dengan *spillout* sebesar 45,315 juta m³ pada keandalan debit 26,02%, 33,551 juta m³ pada keandalan debit 50,68%, 14,461 juta m³ pada keandalan debit 75,34%, dan 6,230 juta m³ pada keandalan debit 97,30%.
 - b. Pada metode berdasar program dinamik, pedoman lepasan mengacu pada *rule curve* pada masing-masing keandalan debit (probabilitas) dengan *spillout* sebesar 43,921 juta m³ pada keandalan debit 26,02%, 25,519 juta m³ pada keandalan debit 50,68%, 12,611 juta m³ pada keandalan debit 75,34%, dan 5,541 juta m³ pada keandalan debit 97,30%.
3. Dari 2 metode yang sudah dilakukan, yaitu metode simulasi berdasarkan tampungan dan program dinamik, diketahui bahwa pola operasi yang paling optimal untuk Waduk Bajulmati adalah pola operasi yang dihasilkan melalui program program dinamik (metode II).

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan studi ini adalah mengingat terjadinya pemanasan global yang mengakibatkan tidak menentunya cuaca dan iklim, maka data perlu diperbarui secara berkala selama pengoperasian waduk sehingga pola operasi yang digunakan akan tetap sesuai dengan keadaan *real* di lapangan, kemudian agar lebih meningkatkan ketelitian dan keakuratan, maka studi ini perlu

dikembangkan ke simulasi bukaan pintu untuk keperluan operasi Waduk Bajulmati, serta untuk studi lebih lanjut perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap pengaruh sedimentasi yang akan terjadi di Waduk Bajulmati, karena jumlah sedimen akan berpengaruh terhadap pengoperasian waduk terutama terhadap volume tampungan waduk dan elevasi waduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2004. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hadisusanto, Nugroho. 2010. **Aplikasi Hidrologi**. Malang : Jogja Mediautama.
- Limantara, Lily Montarcih dan Soetopo, Widandi. 2009. **Statistika Terapan Untuk Teknik Pengairan**. Malang : CV. Citra Malang.
- Limantara, Lily Montarcih. 2010. **Hidrologi Praktis**. Bandung : CV Lubuk Agung.
- Mc. Mahon, T.A, Mein, R.G. 1978. **Reservoir Capacity and Yield**. Amsterdam : Elviesier Scientific Publishing Company.
- Ratnaningsih, Anik dan Gesang, Dwi. 2014. **Analisis Risiko Manajemen Konstruksi Pembangunan Waduk Bajulmati Banyuwangi – Jawa Timur**. Seminar Nasional X.
- Shiklomanov dalam UNESCO. 2003. **Water for People - Water for Life. The United Nations World Water Development Report**. Unesco Publishing / Berghahn Books.
- Soemarto, C.D. 1987. **Hidrologi Teknik Edisi I**. Surabaya : Usaha Nasional.
- Soetopo, Widandi. 2010. **Operasi Waduk Tunggal**. Malang : Asrori.

Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1987.

Hidrologi Untuk Pengairan.

Jakarta : Pradnya Paramita.

Sudjarwadi. 1988. **Operasi Waduk.**

Yogyakarta : KMTS Universitas Gadjah Mada.

Suhardjono. 1994. **Kebutuhan Air**

Tanaman. Malang : ITN Malang Press.

Suripin. 2004. **Drainase Perkotaan**

Yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Andi Offset.

Unesco, 2003. **Water for People-Water**

for Life. The United Nations

World Water Development

Report. Unesco

Publishing/Berghahn Books.

WHO/UNICEF, 2000. **Global Water**

Supply and Sanitation

Assessment 2000 Report.

Geneva.

