

ANALISA POLA OPERASI EMBUNG JOHO UNTUK PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BERSIH DESA JOHO KECAMATAN PACE KABUPATEN NGANJUK JAWA TIMUR

Dediek Isqak, Pitojo Tri Juwono, Heri Suprijanto

Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: Dediek_87@yahoo.com

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting untuk memenuhi kelangsungan hidup manusia. Kebutuhan akan air semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, sedangkan persediaan air di bumi adalah tetap. Salah satu upaya mengatasi masalah tersebut adalah dengan menampung air di embung. Dalam memanfaatkan tampungan embung harus diingat bahwa kuantitas air sungai sangat terbatas, sehingga pemakaian air harus dilakukan sebaik mungkin. Pengaturan pendistribusian air di embung sangat diperlukan dalam menentukan pelepasan yang terencana dan berkesinambungan.

Dalam studi ini dilakukan simulasi operasi waduk pada tahun 2011 sampai 2025, simulasi dilakukan dengan menggunakan berbagai keandalan debit inflow yaitu air cukup (26,02%), air normal (50,68%), air rendah (75,34%) dan air kering (90%) serta dengan beberapa keandalan operasi. Metode simulasi yang digunakan mempunyai tujuan untuk mengetahui pola operasi embung. Persamaan yang digunakan adalah kontinuitas massa aliran yang merupakan hubungan antara masukan (inflow), keluaran (outflow), dan perubahan tampungan embung. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah debit inflow, evaporasi, jenis tanah dan kebutuhan yang harus dilayani embung.

Dari hasil simulasi operasi Embung Joho dapat diketahui seberapa besar potensi Embung Joho dalam memenuhi kebutuhan air baku domestik, besarnya kemampuan Embung Joho untuk debit dengan keandalan 26,02% = 26.737 jiwa, 50,68% = 20.487 jiwa, 75,34% = 13.087 jiwa dan 90% = 13.887 jiwa. Dari hasil simulasi ini dilakukan analisa pola operasi berdasarkan beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing – masing simulasi pola operasi. Dari hasil analisa maka pola operasi yang tepat untuk Embung Joho adalah pola operasi dengan simulasi keandalan debit 90%.

Kata Kunci : *inflow, outflow*, simulasi operasi embung

ABSTRACT

Water is the major things to meet the human necessity. The keep increasing needs for water was followed by the increasing population a while the water supplies in earth was limited (relative constant). To solve the problem is using small reservoir/ embung. When using the small reservoir we have to pay attention to the limited quantity of water supply from the river, so we have to use it wisely. The water distribution controls are determined the continuously planned water release.

This study is doing the simulation of reservoir operation at year 2011 until 2025, the simulations was worked with various reliability of inflow which are enough water discharge (26,02%), normal water discharge (50,68%), low water discharge (75,34%), dry water discharge (90%) and the others. The purpose of simulation method is for

knowing the reservoir operation pattern. The formulas that will be used are mass flow continuity which has connection between inflow, outflow and the reservoir changing water level. The data are inflow discharge, evaporation, soil media and the water domestic service by reservoir.

From the Joho Reservoir simulation, the potential to ensure water domestic requirement for 26,02% reliability = 26.737 people, 50,68% = 20.487 people, 75,34% = 13.087 people and 90% = 13.887 people. The operation pattern analysis based on some the surplus and flaws from each simulations. The result shows that the right operation pattern for Joho Reservoir is the simulation with 90% reliability

Keyword : Inflow, Outflow and simulation of reservoir

PENDAHULUAN

Kecamatan Pace Kabupaten Nganjuk adalah daerah yang seringkali mengalami kekurangan air terutama pada musim kemarau. Produksi air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Nganjuk tiap bulan rata – rata sebesar 271.661,16 m³ hanya mampu memenuhi kebutuhan domestik warga sebesar 10,42% dari total keseluruhan jumlah penduduk Kabupaten Nganjuk. Peningkatan jumlah penduduk juga menuntut cukupnya ketersediaan air baku baik dimusim penghujan terlebih dimusim kemarau. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan dibuatnya Embung Joho yang dapat memanfaatkan air permukaan dan diharapkan dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut.

Dengan rencana dibangunnya Embung Joho tersebut, maka perlu dilakukan suatu studi untuk menganalisa besarnya potensi serta pola operasi Embung Joho yang ada pada daerah aliran sungai Joho dalam memenuhi kebutuhan air domestik bagi masyarakat.

Pada dasarnya pengoperasian waduk bertujuan untuk membuat keseimbangan antara debit masukan (inflow), debit keluaran (outflow) dan perubahan tampungan. Oleh karena itu masalah tentang pengoperasiannya harus terencana sesuai dengan kapasitas yang ada untuk memenuhi kebutuhan di hilir, dalam hal ini untuk kebutuhan air

domestik masyarakat Desa Joho dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

1. Analisa data Klimatologi

$$E_o = \frac{a * E_n + E_a}{1 + a}$$

E_o = evaporasi permukaan bebas (mm/hr)

a = $\frac{\delta}{\tau}$ (factor pembanding)

δ = kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperatur

τ = konstanta psikrometrik

E_n = radiasi bersih yang dinyatakan setara dengan satuan laju penguapan

E_a = laju penguapan karena pemindahan massa panas

$$ET_0 = \frac{\delta * R_n / L + \tau [(900 / T_k) * U_2 * (e_s - e_a)]}{\delta + \tau (1 + 0,34 U_2)}$$

dengan :

ET_0 = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

δ = kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperature (kPa/°C)

L = panas laten untuk penguapan (MJ/kg)

τ = konstanta psikometrik (0,06466 kPa/°C)

R_n = radiasi bersih (MJ/m²/hari)

U_2 = kecepatan angin pada tinggi 2 m (m/det)

e_a = tekanan uap aktual (kPa)

e_s = tekanan uap jenuh (kPa)
 RH = kelembaban relatif (%)
 R_a = radiasi ekstra teresterial (mm/hari)
 α = albedo
 n/N = durasi penyinaran matahari relatif (%)
 β = konstanta Stefan-Boltzman $4,90 \times 10^{-9}$ MJ/m²/K⁻⁴/hari
 T_k = temperatur udara (°K) (°K = 273,15 + °C)
 900 = konstanta (kg °K/kJ)

2. Pendugaan Debit Aliran Sungai

Dasar Model Tangki adalah salah satu cara menghitung debit air disuatu tempat dengan cara untuk mengasumsikan daerah aliran sungai dengan sejumlah tampungan yang digambarkan dengan sederet tangki. Model ini dikembangkan oleh Dr. Sugawara. Sebagai contoh kita tinjau model dibawah ini

- Buatlah susunan tangki lengkap dengan karakteristiknya yang diasumsikan bisa mewakili atau menggambarkan karakteristik DAS yang akan dimodelkan.
- Untuk perhitungan pertama, tambahkan curah hujan periode ini pada tampungan periode sebelumnya, kemudian dikurangi dengan evaporasinya. Pengurangan evaporasi hanya dilakukan terhadap tangki teratas saja (tangki 1), tetapi jika pengurangan dari tangki teratas belum cukup, maka kekurangan tersebut dipikul oleh tangki-tangki di bawahnya.
- Perhitungan limpasan dan infiltrasi dilakukan menurut tinggi tampungan yang diperoleh dalam langkah tiga. Besarnya limpasan dan infiltrasi diperoleh dari perkalian koefisien lubang dengan tinggi tampungan terhadap lubang yang bersangkutan.
- Perhitungan sisa tinggi tampungan dengan mengurangi tinggi

tampungan yang diperoleh dari langkah 3 dengan selisih limpasan dan evaporasi.

- Perhitungan untuk tangki yang kedua dan seterusnya prosedurnya hampir sama dengan tangki yang pertama, tetapi masukannya diganti dengan tinggi keluaran dari lubang tangki selanjutnya.
- Total aliran adalah penjumlahan dari semua keluaran yang diciptakan di sistem tangki yang dibuat.

Untuk mendapatkan koefisien perkalian (c) dan ketinggian lubang aliran (h)

3. Kapasitas Filtrasi

Kapasitas aliran filtrasi adalah kapasitas rembesan air yang mengalir melalui tubuh bendungan dan pondasi bendungan. Kapasitas filtrasi suatu bendungan mempunyai batas – batas tertentu yang mana apabila kapasitas filtrasi melampaui batas tersebut, maka kehilangan air yang terjadi cukup besar.

Rumus besarnya kapasitas filtrasi yang mengalir melalui tubuh bendungan yang didasarkan pada jaringan trayektori aliran filtrasi adalah sebagai berikut :

$$Q_f = \frac{N_f}{N_p} * K * H * L$$

dimana :

Q_f = kapasitas aliran filtrasi

N_f = angka pembagi dari garis trayektori aliran filtrasi

N_p = angka pembagi dari garis equipotensial

K = koefisien filtrasi

H = tinggi tekanan air total

Untuk kapasitas rembesan yang melalui pondasi bendungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$q = K * H * \left(\frac{T}{B + T} \right)$$

dimana :

q = kapasitas aliran filtrasi per unit panjang bendungan
K = koefisien filtrasi
T = tebal lapisan pondasi
B = lebar profil tubuh bendungan
L = panjang profil melintang tubuh bendungan

4. Debit Andalan

Perhitungan debit andalan menggunakan rumus dari *Weibull* :

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

dimana :

P = Probabilitas (%)
m = Nomor urut data debit
n = Jumlah data pengamatan debit

5. Proyeksi Penduduk

Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang adalah :

a. Metode Eksponensial

$$P_n = P_o \cdot e^{(r \cdot n)}$$

dimana :

P_n = jumlah penduduk setelah n tahun
P_o = jumlah penduduk mula-mula
e = bilangan logaritma natural yang besarnya adalah 2,7182818
r = pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)

b. Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + K \cdot t$$

dimana :

P_n = jumlah penduduk yang diperkirakan (jiwa)
P_o = jumlah penduduk pada akhir tahun data (jiwa)
K = pertambahan penduduk rata-rata tiap tahun
t = jumlah tahun proyeksi (tahun)

c. Metode Geometri

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

dimana :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
P_o = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)
n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

Kemudian ketiga metode tersebut diuji dengan menggunakan faktor korelasi guna menentukan metode mana yang dipergunakan. Berikut rumus faktor korelasi :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] * \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

dimana :

r = Koefisien korelasi
X = Jumlah penduduk data (jiwa)
Y = Jumlah penduduk hasil koreksi

6. Kebutuhan Air Domestik

Untuk menghitung jumlah kebutuhan air domestik digunakan rumus:

$$V_D = J_p \times K_p \times n$$

dimana :

V_D = Volume kebutuhan air domestik
J_p = Jumlah penduduk (jiwa)
K_p = Standar kebutuhan air penduduk (lt/hari/jiwa).

7. Simulasi Operasi Waduk/Embung

Simulasi merupakan suatu proses peniruan dari sesuatu kondisi dilapangan. Dalam situasi atau analisa perilaku operasi embung bertujuan untuk mengetahui perubahan kapasitas tampungan embung. Persamaan yang digunakan adalah kontinuitas tampungan (*mass storage equation*) yang memberi

hubungan antara masukan, keluaran, dan perubahan tampungan.

Persamaan secara matematika dinyatakan sebagai berikut (Mc.Mahon and Mein, 1978:24) :

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - D_t - E_t - L_t$$

Dengan kendala $0 \leq S_{t+1} \leq C$

dengan :

S_{t+1} = Tampungan waktu pada akhir interval waktu

t = Interval waktu yang digunakan

S_t = Tampungan embung pada awal interval waktu

Q_t = Aliran masuk selama interval waktu t

D_t = Lepas air selama interval waktu t

E_t = Evaporasi selama interval waktu t

L_t = Kehilangan-kehilangan air lain dari embung selama interval waktu t , mempunyai harga yang kecil dan dapat diabaikan

C = Tampungan aktif (tampungan efektif).

Langkah – langkah pengerjaan analisa adalah :

1. Menentukan bulan dan periode serta jumlah hari.
2. Menentukan tampungan awal bulan atau tampungan awal operasi, dalam studi ini tampungan awal yang digunakan adalah tampungan total dari embung.
3. Elevasi awal bulan diambil pada saat muka air normal.
Elevasi air yang didasarkan dari luas tampungan total yaitu tampungan efektif.
4. Luas genangan Embung diambil dari data karakteristik Embung.
Luas genangan berdasarkan tampungan total Embung. Luas genangan diperlukan untuk memperoleh nilai kehilangan air di Embung akibat evaporasi.

5. Menentukan debit masukan *inflow* di embung.

Debit masukan didapatkan dari besarnya debit andalan pada bulan-bulan yang bersangkutan. Debit andalan yang digunakan merupakan debit andalan 26,02%, 50,60%, 75,34%, 90%.

6. Menentukan kehilangan air di embung akibat evaporasi.

Kehilangan di embung sangat dipengaruhi oleh luas tampungan. Makin luas tampungan makin besar penguapan yang terjadi.

7. Menentukan kehilangan air di embung akibat filtrasi.

8. Menentukan debit keluaran (*outflow*) dari embung.

Diperoleh dari besarnya kebutuhan air domestik.

9. Menghitung besarnya tampungan akhir.

Tampungan akhir merupakan nilai dari tampungan awal ditambahkan dengan selisih antara debit *inflow* dan debit *outflow*. Pada awal perhitungan debit *inflow* ditambahkan dengan tampungan efektif, sedangkan debit *outflow* ditambah dengan nilai evaporasi. Untuk bulan selanjutnya nilai tampungan akhir bulan sebelumnya digunakan sebagai tampungan awal pada bulan itu.

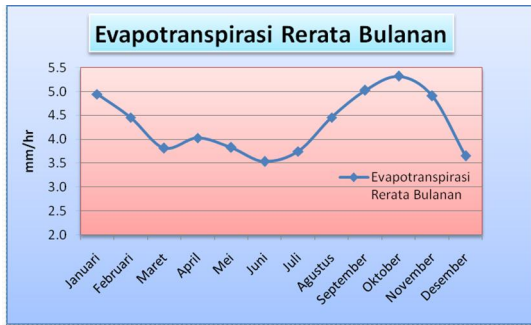
10. Cek apakah $S_{t+1} <$ tampungan efektif, maka tidak terjadi limpasan.

Proses tersebut berulang hingga tampungan akhir periode ini (1 tahun).

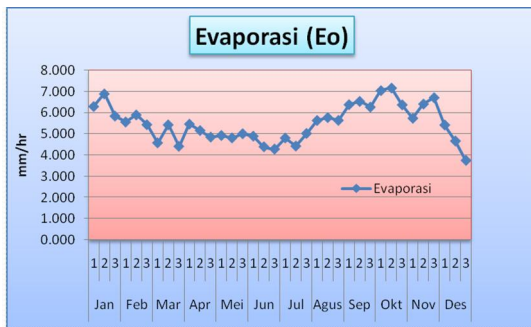
HASIL DAN PEMBAHASAN

1.Evapotranspirasi dan Evaporasi

Perhitungan evapotranspirasi ini dipergunakan untuk perhitungan debit aliran sungai, sedangkan untuk evaporasi merupakan item yang berpengaruh dalam kondisi tampungan embung.



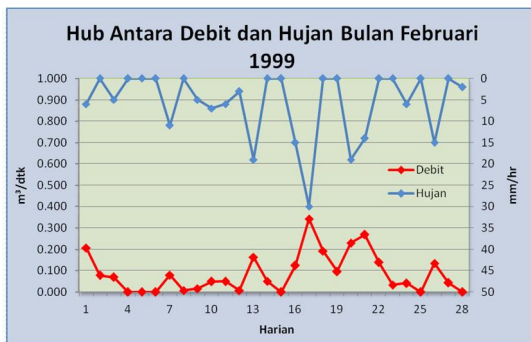
Gambar 1. Rerata Evapotranspirasi Bulanan



Gambar 2. Evaporasi 10 Harian

2. Kalibrasi Debit Sungai

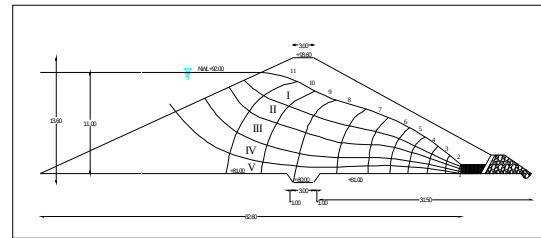
Kalibrasi debit ini membandingkan antara trend data hujan dengan trend debit dari hasil perhitungan dengan *tank model*.



Gambar 3. Kalibrasi Debit dengan Data Hujan Bulan Februari Tahun 1999.

3. Perhitungan Rembesan

Rembesan yang dipergunakan adalah pengabungan antara rembesan yang terjadi ditubuh bendungan dan rembesan yang terjadi di pondasi bendungan.



Gambar 4. Jaringan trayektori aliran filtrasi pada tumbuh embung

Maka dihasilkan besarnya laju rembesan tiap elevasi sebagai berikut :

Tabel 1. Laju Rembesan Tiap Elevasi

No	Elevasi (m)	Besar Rembesan (m ³ /hr)
1	92	13,746
2	90	11,378
3	88	9,439
4	86	6,625

4. Debit Andalan

Perhitungan debit andalan menggunakan analisa tahun dasar perencanaan (*basic year*). Keandalan debit yang digunakan sebesar 26,02%, 50,68%, 75,34%, dan 90%.

Tabel 2. Debit Andalan

No	Data Debit		Debit Terurut		Probabilitas
	Tahun	Q = m ³ /dt	Tahun	Q = m ³ /dt	
1	1999	0,069813	2007	0,084902	0,091
2	2000	0,074145	2006	0,078146	0,182
3	2001	0,044219	2000	0,074145	0,273
4	2002	0,050319	2005	0,071405	0,364
5	2003	0,051371	1999	0,069813	0,455
6	2004	0,058484	2008	0,062928	0,545
7	2005	0,071405	2004	0,058484	0,636
8	2006	0,078146	2003	0,051371	0,727
9	2007	0,084902	2002	0,050319	0,818
10	2008	0,062928	2001	0,044219	0,909

5. Perhitungan Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan pertumbuhan penduduk menggunakan 3 metode kemudian diuji dengan menggunakan faktor korelasi

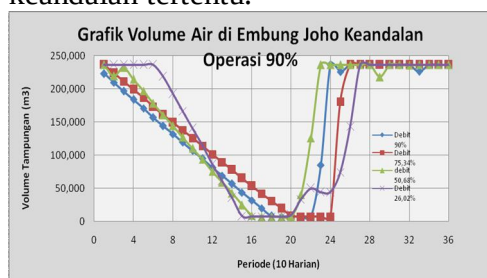
Tabel 3. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pace

No.	Tahun	Jumlah Penduduk		
		Exponensial	Aritmatik	Geometri
0	2009	59892	59892	59892
1	2010	59963	59963	59963
2	2011	60034	60034	60034
3	2012	60105	60105	60105
4	2013	60177	60176	60177
5	2014	60248	60247	60248
6	2015	60320	60318	60319
7	2016	60391	60389	60391
8	2017	60463	60460	60462
9	2018	60534	60531	60534
10	2019	60606	60602	60606
11	2020	60678	60673	60678
12	2021	60750	60744	60750
13	2022	60822	60815	60822
14	2023	60894	60886	60894
15	2024	60967	60957	60966
16	2025	61039	61028	61038

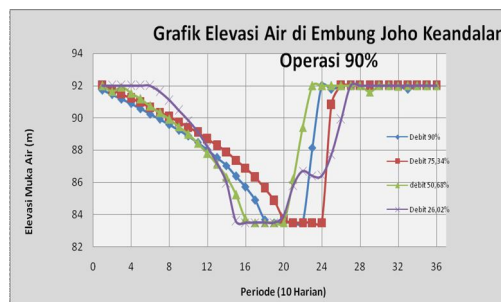
Hasil perhitungan uji kesesuaian metode proyeksi penduduk menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,954397 dengan menggunakan metode eksponensial, 0,954072 pada metode aritmatik dan pada metode geometrik sebesar 0,954397. Sehingga perhitungan proyeksi penduduk yang akan diambil yaitu menggunakan metode eksponensial karena memiliki angka mendekati +1 dibandingkan metode yang lainnya. Penduduk Desa Joho pada tahun 2025 berjumlah sebanyak 8049 jiwa yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air bersih.

6. Simulasi Operasi Waduk/Embung

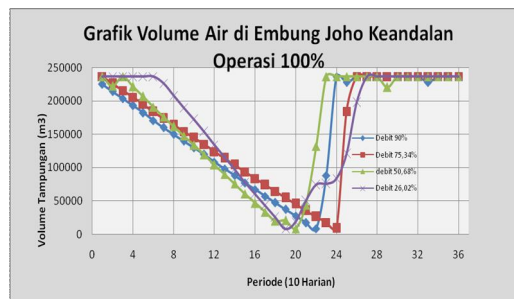
Analisa simulasi operasi waduk/embung dibuat berdasarkan ketersediaan air yang mengacu pada debit andalan yang masuk dan permintaan kebutuhan air yang direncanakan dengan keandalan tertentu.



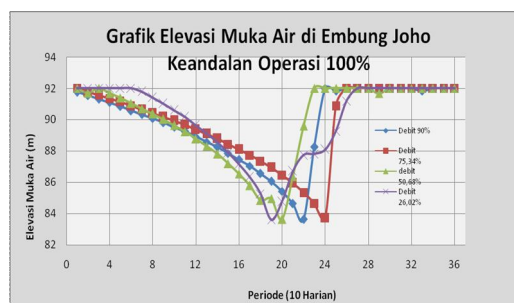
Gambar 5. Grafik Volume Air Dengan Keandalan Operasi 90%



Gambar 6. Grafik Elevasi Air Dengan Keandalan Operasi 90%

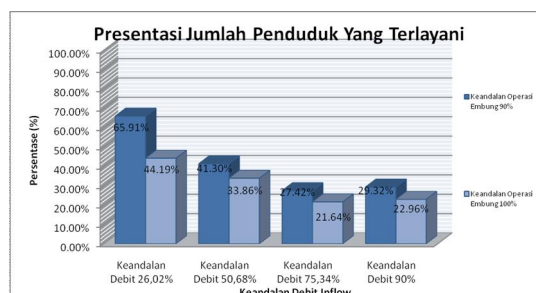


Gambar 7. Grafik Volume Air Dengan Keandalan Operasi 100%



Gambar 8. Grafik Elevasi Air Dengan Keandalan Operasi 100%

Dari hasil simulasi pola operasi Embung Joho dapat dihasilkan besarnya potensi Embung Joho dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Desa Joho dan Kecamatan Pace.



Gambar 9. Grafik Jumlah Penduduk yang Dapat Terlayani

7. Keandalan Tampung

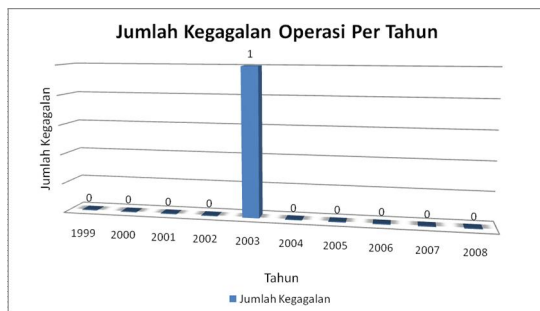
Perhitungan ini membandingkan antara outflow dari kebutuhan maksimal hasil simulasi pola operasi masing – masing debit andalan dengan inflow dari debit hasil perhitungan *Tank Model*.

Kendalan tampungan ini dihitung untuk mengetahui berapa besarnya kemampuan tampungan Embung Joho dalam memenuhi kebutuhan air bersih.

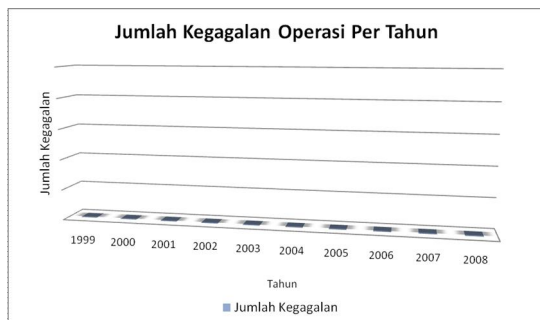
Dari hasil simulasi pola operasi didapatkan kemampuan maksimal Embung Joho dalam memenuhi kebutuhan air bersih sebagai berikut :

- Keandalan Debit 90% sebesar 22,85%
- Keandalan Debit 75,34% sebesar 21,54%
- Keandalan Debit 50,68% sebesar 33,66%
- Keandalan Debit 26,02% sebesar 43,90%

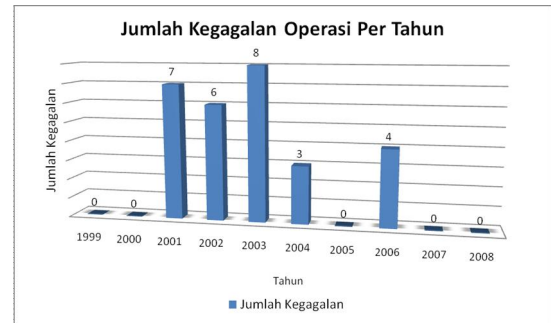
dari Total Penduduk Kecamatan Pace



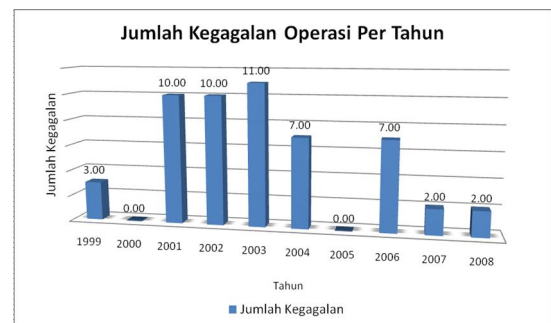
Gambar 10. Jumlah Kegagalan Operasi (untuk pelayanan 22,85%)



Gambar 11. Jumlah Kegagalan Operasi (untuk pelayanan 21,54%)



Gambar 12. Jumlah Kegagalan Operasi (untuk pelayanan 33,66%)



Gambar 13. Jumlah Kegagalan Operasi (untuk pelayanan 43,90%)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya kebutuhan air domestik untuk Desa Joho antara 0,005 m³/dtk – 0,006 m³/dtk untuk kebutuhan terbesar terjadi pada tahun 2025 sebesar 482,919 m³/hr.
2. Besarnya debit *inflow* yang digunakan dalam analisis adalah debit andalan berdasarkan kondisi keandalan debit, baik debit air cukup (26.02%), debit air normal (50,68%), debit air rendah (75,34%), debit air kering (90%). Debit andalan untuk tiap kondisi tersebut berkisar antara :

- Air cukup = 0,01 ~ 0,302 m³/dtk, dengan debit rata-rata = 0,074 m³/dtk
- Air normal = 0,001 ~ 0,367 m³/dtk, dengan debit rata-rata = 0,063 m³/dtk
- Air rendah = 0,025 ~ 0,335 m³/dtk, dengan debit rata-rata = 0,051 m³/dtk
- Air kering = 0,003 ~ 0,261 m³/dtk, dengan debit rata-rata = 0,044 m³/dtk

3. Besarnya rerata potensi dari Embung Joho dalam memenuhi kebutuhan air domestik masyarakat Desa Joho dan sekitarnya sebagai berikut :

- Ø Dengan keandalan operasi Embung Joho sebesar 90% potensi masyarakat yang terpenuhi kebutuhan air domestiknya sebesar
26,02% = 65,92% (39.887 jiwa)
50,68% = 41,30% (24.987 jiwa)
75,34% = 27,42% (16.587 jiwa)
90% = 29,32% (17.737 jiwa)
- Ø Dengan keandalan operasi Embung Joho sebesar 100% potensi masyarakat yang terpenuhi kebutuhan air domestiknya sebesar
26,02% = 44,19% (26.737 jiwa)
50,68% = 33,86 % (20.487 jiwa)
75,34% = 21,64% (13.087 jiwa)
90% = 22,96% (13.887 jiwa)

4. Dikarenakan air yang ada di Embung Joho dipergunakan untuk kebutuhan air baku maka seharusnya air dapat tersuplai secara kontinyu sehingga pola operasi yang digunakan adalah dengan keandalan operasi 100%. Kesimpulan Ke-4 Simulasi Pola Operasi dengan keandalan operasi sebesar 100% adalah :

- Ø Debit 26,02%
Penduduk terlayani 26.737 jiwa
Keandalan tampungan sebesar 85,86%.
- Ø Debit 50,68%
Penduduk terlayani 20.487 jiwa
Keandalan tampungan sebesar 91,94%.
- Ø Debit 75,34%
Penduduk terlayani 13.087 jiwa
Keandalan tampungan sebesar 100%.
- Ø Debit 90%
Penduduk terlayani 13.887 jiwa

Keandalan tampungan sebesar 99,44%.

Dari hasil kesimpulan ke-4 simulasi pola operasi Embung Joho maka pola operasi yang sesuai untuk Embung Joho adalah pola operasi yang sesuai dengan simulasi pola operasi keandalan debit 90%

Adapun saran yang dapat diberikan diharapkan adanya studi lebih lanjut perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap pengaruh sedimentasi, karena akan berpengaruh terhadap pengoperasian waduk khususnya pada kondisi tampungan waduk yang meliputi *volume* waduk dan elevasi waduk .

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1984. *Diktat Storage Function Method Edisi Satu*. Surakarta: Tidak dipublikasikan
- Anonim. 2010. <http://bpnjatim.wordpress.com/peta-jawatimur>. 10 Desember 2010
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.
- Dhian, I. 2008. *Analisis Keseimbangan Air Di Sub DAS Lesti Tahun 2008 – Tahun 2028*. Malang: Tidak dipublikasikan.
- McMahon, A.T., Mein, G.R. 1978. *Reservoir Capacity and Yield*. Australia: Elsevier Scientific
- Montarich, L., Soetopo, W. 2009. *Statistika Hidrologi (Terapan)*. Malang: Tirta Media.
- Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*. Bandung : Penerbit PT. Citra Aditya Bakti.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1981. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1976.
Hidrologi Untuk Pengairan.
Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air
Tanaman*. Malang: ITN Malang
Press