

KEANDALAN EMBUNG LAMBADEUK UNTUK PEMENUHAN AIR BERSIH DI DAERAH PESISIR KECAMATAN PEUKAN BADA ACEH BESAR

Setia Budi¹, Azmeri², Syamsidik³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: setiabudi.cuco@gmail.com

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: azmeri@unsyiah.ac.id², syamsidik@unsyiah.ac.id³

Abstract : *Water demand fulfillment in coastal area of Peukan Bada Sub District is still complicated. Peukan Bada Community in coastal area currently still depends on well water. The existence of Lambadeuk Small Dam located in Peukan Bada Sub District – Aceh Besar, which River Flow Area (DAS) is $\pm 2.27 \text{ Km}^2$, is expected to be able in fulfilling clean water demand. The objectives of this research are to find out water supply, to optimize the operation and to obtain the reliability of Lambadeuk Small Dam Operation. The method used in operating the small dam is analyzed by Non Linear Program using Solver Microsoft Excel. In optimizing the operation, it is divided into three season conditions. The highest inflow discharge of dry season is in January which is $0.222 \text{ m}^3/\text{sec}$ or 0.594 MCM , while the highest inflow discharge of normal season is in December which is $0.294 \text{ m}^3/\text{sec}$ or 0.787 MCM , and the highest inflow discharge of wet season is in November which is $0.463 \text{ m}^3/\text{sec}$ or 1.199 MCM . The projection of population and clean water demand for population need in coastal area of Peukan Bada Sub District can be described as for population 5,954 in 2015, the clean water demand is $0.0099 \text{ m}^3/\text{sec}$ so that in 2035, the population will become 10,534 and the clean water demand will be $0.0176 \text{ m}^3/\text{sec}$. The average inflow from 2015 to 2035 for dry season is 4.031 MCM , for normal season is 5.816 MCM , and for wet season is 9.077 MCM . Water release is 0.312 MCM , and basic water demand is 0.556 MCM . Optimization reliability of Lambadeuk Small Dam Operation is reliable and 100% can fulfill the water demand in the downstream of the small dam, and the management organizer of Lambadeuk Small Dam can also expand service area of clean water demand in the coastal area of Peukan Bada Sub District – Aceh Besar.*

Keywords : *Water fulfillment, optimization technique, reliability of small dam*

Abstrak: Dalam pemenuhan kebutuhan air bersih di daerah pesisir Kecamatan Peukan Bada masih kesulitan untuk kebutuhan air bersih. Selama ini masyarakat di daerah pesisir masih mengandalkan air sumur. Dengan adanya Embung Lambadeuk yang terletak di Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar, yang mempunyai luas Daerah Aliran Sungai (DAS) $\pm 2,27 \text{ Km}^2$, mampu untuk pemenuhan kebutuhan air bersih. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui ketersediaan air, mengoptimalkan pengopersian dan mendapatkan keandalan pengopersian Embung Lambadeuk. Pada penelitian ini metode pengoperasian embung yang dianalisis menggunakan program *Non Linear* dengan *solver Microsoft Excel*. Dalam optimasi pengoperasian dikelompokkan dalam tiga kondisi tahun musim, dimana kondisi tahun musim kering debit *Inflow* yang tertinggi berada pada bulan Januari sebesar $0,222 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan kapasitas $0,594 \text{ MCM}$, pada kondisi tahun normal debit yang tertinggi berada pada bulan Desember sebesar $0,294 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan kapasitas $0,787 \text{ MCM}$ dan pada kondisi tahun basah debit yang tertinggi pada bulan Nopember sebesar $0,463 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan kapasitas $1,199 \text{ MCM}$. Proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan air bersih untuk pemenuhan penduduk di pesisir Kecamatan Peukan Bada, tahun 2015 dengan jumlah penduduk sebesar 5.954 jiwa, kebutuhan air bersih $0,0099 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan Tahun 2035 jumlah penduduk sebesar 10.534 jiwa, kebutuhan air bersih $0,0176 \text{ m}^3/\text{dt}$. Untuk *Inflow* tahun kering dari Tahun 2015 sampai Tahun 2035 *Inflow* rata-rata tahunan sebesar $4,031 \text{ MCM}$, tahun normal dari Tahun 2015 sampai tahun 2035 *Inflow* rata-rata sebesar $5,816 \text{ MCM}$, dan tahun basah *Inflow* rata-rata tahunan sebesar $9,077$

MCM. *Release* air sebesar 0.312 MCM, dan kebutuhan air baku sebesar 0,556 MCM. Hasil yang dicapai adalah Pengoperasian Embung yang Optimal dan Keandalan Pengoperasian Embung. Dimana Keandalan Pengoperasian Embung Lambadeuk sangat berpengaruh dari volume dan periode waktu, dan terhadap Manajemen pengelola Embung Lambadeuk, bisa mengambil langkah-langkah untuk memperluas daerah layanan kebutuhan air bersih di pesisir Kecamatan Peukan Bada Aceh Besar.

Kata kunci : Pemenuhan air, Teknik optimasi, Keandalan Embung.

Perkembangan wilayah pada suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Pemenuhan kebutuhan pangan dan aktivitas penduduk selalu erat kaitannya dengan kebutuhan air. Embung Lambadeuk berada di Kecamatan Peukan Bada sebagai salah satu Kecamatan di Kabupaten Aceh Besar, berjarak sekitar ± 12 Km dari Kota Banda Aceh yang berbatasan langsung dengan Samudera Indonesia dan ibu Kota Provinsi Aceh. Sumber air utama Embung Lambadeuk berasal dari alur yang berada di kawasan pegunungan Lambadeuk yang mempunyai luas Daerah Aliran Sungai (DAS) $\pm 2,27$ Km².

Selama ini kebutuhan sehari-hari masyarakat di daerah pesisir masih mengandalkan air sumur seperti di Mukim Gurah: Lam isek, Lamkeumok, Mukim Lamteungoh: Lamlumpu, Lamteeh, Lambaro, Lam manyang, Lam Awee, Meunasah Tuha, Lam Teungoh, Lam Tutui dan Mukim Lampageu: Lamguron, Lambadeuk, Lambaro Neujid, Lampageu (BPS Aceh Besar, 2015). Dari 25 desa yang terdapat di kecamatan Peukan Bada, 10 desa lainnya sudah terlayani pemenuhan air bersih dari PDAM Darul Imarah, sedangkan satu desa terletak dipulau Aceh yang tidak diperhitungkan, karena posisi desanya terletak di pulau. Hanya 14 desa

masih kesulitan dalam pemenuhan air bersih, yang berada dipesisir Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar.

Untuk mengoptimasikan pemenuhan kebutuhan air bersih pada Embung Lambadeuk maka rumusan masalah yang menjadi bahan pertimbangan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Seberapa besar air pada Embung Lambadeuk
2. Bagaimana mengoptimalkan pengoperasian Embung Lambadeuk
3. Keandalan Embung untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah pesisir Kecamatan Peukan Kabupaten Aceh Besar

Dari beberapa masalah diatas maka penelitian ini bertujuan:

1. Mengetahui ketersediaan air pada Embung Lambadek
2. Mengoptimalkan pengoperasian Embung Lambadeuk
3. Mendapatkan keandalan Embung Lambadeuk

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi dan membantu pihak manajemen Embung Lambadeuk dalam menentukan rencana pengoperasian dan pelayanan pemenuhan kebutuhan air bersih kepada masyarakat di pesisir Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar.

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Ketersediaan Air

Ketersediaan air dalam pengertian sumberdaya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada (Departemen. PU, 2000).

Debit Rata-Rata Bulanan

Metode Dr. Mock merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung debit rata-rata bulanan, berdasarkan analisa keseimbangan air yang menjelaskan hubungan *run-off* dengan curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan penyimpanan di dalam tanah. Langkah-langkah perhitungan metode Dr. Mock (1973) adalah sebagai berikut:

1. Evapotranspirasi Aktual

$$\Delta E = ET_0 \frac{m}{20} (18 - n)$$

$$E = ET_0 - \Delta E$$

2. Penyimpanan kelembaban tanah (SMC)

$$SMC = ISM + R_e - E$$

3. Kelebihan air (WS)

$$WS = ISM + R_e - E - SMC$$

4. Infiltrasi (*inf*)

$$inf = WS \times IF$$

5. Penyimpanan air tanah pada akhir bulan G .

$$STOR_t = G \cdot STOR_{(t-1)} \times Rc + 0,5 (1 + Rc) \times inf$$

6. Limpasan dasar (Q_{base})

$$Q_{base} = inf - G \cdot STOR_t + G \cdot STOR_{(t-1)}$$

7. Limpasan permukaan (Q_{direct})

$$Q_{direct} = WS \times (1 - IF)$$

8. Limpasan hujan sesaat (Q_{storm})

$$Q_{storm} = Re \times PF$$

9. Total limpasan (Q_{total})

$$Q_{total} = Q_{base} + Q_{direct} + Q_{storm}$$

10. Debit sungai (Q_s)

$$Q_s = Q_{total} \times A$$

Keterangan:

ΔE : Perbedaan antara evapotranspirasi potensial dan aktual (mm/bulan)

ET_0 : Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

m : Proporsi permukaan tanah tidak ditutupi oleh vegetasi

n : Jumlah hari hujan

SMC : Simpanan kelembaban tanah (mm/bulan)

ISM : Kelembaban tanah awal (200 mm/bulan)

Re : Curah hujan bulanan (mm/bulan)

E : Evapotranspirasi bulanan (mm/bulan)

WS : Kelebihan air (mm/bulan)

SMC : Kapasitas kelembaban tanah (mm/bulan)

IF : Faktor infiltrasi

PF : Persentase hujan bulanan

$G \cdot STOR_t$: Daya tampung air tanah pada awal bulan (mm/bulan)

$G \cdot STOR_{t-1}$: Penyimpanan air tanah pada akhir bulan (mm/bulan)

Rc : Konstanta pengurangan aliran

Q_{base} : Besar limpasan dasar (mm/bulan)

Q_{direct} : Besar limpasan permukaan (mm/bulan)

Q_{storm} : Besar limpasan hujan sesaat (mm/bulan)

Q_s : Debit bulanan rata-rata (mm/bulan)

A : Luas daerah aliran sungai (km²)

Debit Andalan

Debit rata-rata bulanan digunakan untuk menetapkan debit andalan dari suatu ketersediaan air. Debit rata-rata bulanan merupakan nilai yang muncul bervariasi dan setiap data munculnya relatif dalam rentang waktu sesaat (Soemarto, 1999). Debit andalan adalah nilai yang ditetapkan sebagai acuan jumlah air yang tersedia yang ditetapkan berdasarkan persentase kemungkinan terpenuhinya/tersedianya nilai tersebut dari rangkaian data historis yang ada. Penetapan debit andalan dimulai dengan mengurut data dari nilai besar ke nilai kecil, sehingga diperoleh persentase kemungkinan muncul atau terpenuhinya setiap data. Debit andalan dapat dihitung menurut kejadian musim, untuk persentase kejadian 20% (debit basah), persentase kejadian 50% (debit normal) serta persentase kejadian 80% (debit kering). Probabilitas debit andalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Weibull) :

Pr : probabilitas (%);
m : nomor urut data;
n : jumlah data

Evaporasi Waduk

Evaporasi merupakan faktor penting dalam penelitian sumber daya air. Besarnya volume waduk dipengaruhi oleh evaporasi yang terjadi pada permukaan waduk. Kehilangan air akibat evaporasi pada permukaan waduk dapat dihitung berdasarkan asumsi empiris adalah (Departemen PU, 1986):

$$E_o = 1,1 \times ET_0$$

Dimana:

E_o : Evaporasi pada genangan waduk (mm/bulan)

ET_0 : Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Air Bersih

Pedoman kebutuhan air bersih perkotaan diasumsikan menurut kategori kota berdasarkan jumlah penduduk. Untuk pembagian status kota kebutuhan air bersih di Kecamatan Peukan Bada di kategorikan ke dalam status kota kecil dengan jumlah penduduk 3000–20.000 jiwa dan kebutuhan air Domestik 60-100 liter/org/hari, (Departemen PU, 2000)

Untuk menghitung kebutuhan air bersih, jumlah kebutuhan air ditambahkan faktor kehilangan air sebesar 20%, faktor koefisien kebutuhan air maksimum 1,5 dan faktor koefisien jam puncak 1,75 (Departemen PU, 2002).

Metode perhitungan yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk antara lain sebagai berikut.

Persamaan proyeksi pertumbuhan penduduk metode geometris adalah:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

Persamaan proyeksi pertumbuhan penduduk metode aritmatik adalah:

$$P_n = P_0 (1 + r.n)$$

Kebutuhan air bersih dihitung dengan persamaan:

$$Q_s = P_n \times K_a$$

Dimana:

- P_n : Jumlah penduduk pada tahun ke t (jiwa);
 P_0 : Jumlah penduduk tahun dasar yang dipakai memprediksi (jiwa);
 r : prosentase pertambahan penduduk (%);
 n : Selisih waktu (tahun) rencana;
 Q_s : Debit kebutuhan air bersih ($m^3/detik$);
 K_a : Kebutuhan air bersih per kapita (liter/orang/hari).

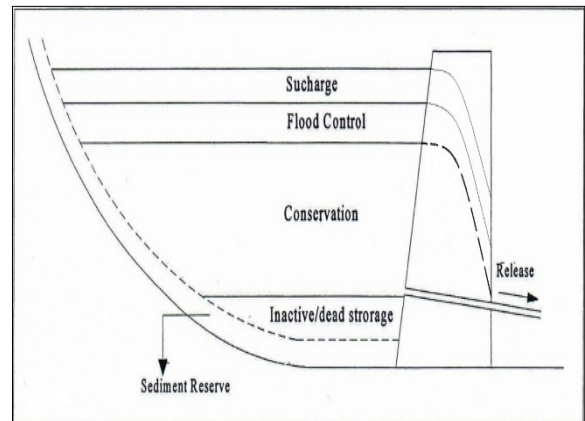
Waduk

Pengoperasian waduk meliputi penggunaan kapasitas tampungan dan pengaturan penyaluran air dengan berbagai tujuan. Kebijakan pengoperasian waduk melibatkan pembagian kapasitas tampungan kedalam bagian-bagian berdasarkan fungsi yang direncanakan dalam pengoperasian waduk.

Pembagian kapasitas tampungan dapat permanen atau berubah berdasarkan musim atau faktor lainnya. Tampungan terdiri dari beberapa zona yaitu (Wurb, 1996):

1. *Inactive pool*, disebut juga tampungan mati (*dead storage*). Air yang disalurkan tidak berasal dari tampungan mati, kecuali proses alam seperti evaporasi dan kebocoran.
2. *Conservation pool*, berfungsi menyimpan air yang akan digunakan untuk mensuplai kebutuhan air serta termasuk menyimpan air pada waktu debit yang tinggi.
3. *Flood control pool*, merupakan daerah yang dikosongkan untuk menampung apabila terjadi banjir.
4. *Surcharge pool*, yaitu tampungan yang

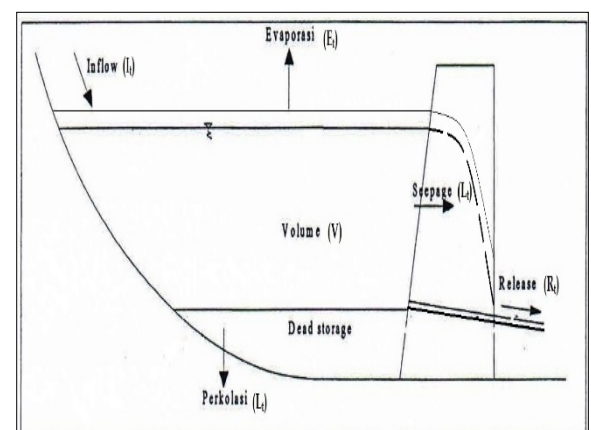
berada diatas bagian *flood control* dan dibawah desain maksimum permukaan air. Bagian ini berfungsi menampung air bila terjadi banjir yang sangat besar yang sudah tidak dapat ditampung pada bagian *flood control pool*.



Gambar 1. Zona Tampungan Waduk

Konservasi Volume

Dasar model optimasi pengoperasian waduk untuk semua sistem waduk, baik itu waduk tunggal maupun multi guna adalah prinsip keseimbangan air (water balance) didalam sistem waduk yang bersangkutan. Model keseimbangan air waduk diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Model Keseimbangan Waduk

Persamaan dasar konservasi volume

waduk adalah sebagai berikut:

$$V_{t+1} = V_t + I_t - R_t - E_t - L_t$$

- V_{t+1} : vol tampungan waduk pada bulan t+1 (MCM);
 V_t : vol tampungan waduk pada bulan t (MCM);
 I_t : *inflow* waduk pada bulan t (MCM);
 R_t : *release* waduk pada bulan t (MCM);
 E_t : evaporasi pada bulan t (MCM);
 L_t : kehilangan air lainnya (perkolasi dan *seepage*) pada bulan t (MCM).

Kebutuhan Maintenance Flow

Untuk menjaga agar kehidupan biota di alur-alur sungai terpelihara dengan baik dan untuk menjaga kelestarian lingkungan wilayah sungai maka diperlukan adanya debit minimum yang harus tersedia setiap saat. Besarnya debit minimum *maintenance flow* adalah 5% – 10% dari debit yang tersedia.

Optimasi Pengoperasian Waduk

Metode optimasi yang digunakan pada studi ini adalah Program Non Linear dengan menggunakan hukum keseimbangan air (*water balance*). Prinsip dasar optimasi untuk berbagai fungsi tujuan dapat dinyatakan sebagai berikut (Montarich, 2011):

- a. Fungsi tujuan (*objective function*) :
 - *Maximize Release*
 - *Maximize Energi* (Waduk PLTA)
 - *Maximize Benefit*
 - *Minimize sedimen*
 - *Minimize deviasi* (*Release – Demand*)
- b. Variabel keputusan (*decision variable*) :
 - *Release air*
 - *Storage/tampungan waduk*
 - *Tinggi air waduk*
 - *Luas genangan waduk*

- c. Fungsi kendala (*constraint function*) :

→ *Upper Rule Curve (URC) and Lower Rule Curve (LRC)* :

$$I - E - O - L \leq S_{mak}$$

$$I - E - O - L \geq S_{min}$$

→ *Water level at the end of the period* :

$$H_{end} \geq H_{initial}$$

→ *Water demand* :

$$O_t \geq O_{min_t}$$

→ Q_{max} pipa Transmisi

$$R1 \leq R12 \leq Q_{pipa}$$

Keandalan Waduk

Menurut Wurb (1996), keandalan waduk adalah ukuran tingkat (*level*) yang dapat diandalkan dalam berbagai tingkat hasil yang diberikan oleh sebuah waduk. Ukuran tingkatan (*percentage*) keandalan tergantung dari kemampuan untuk memenuhi pasokan air terhadap berbagai kebutuhan. Variabel tingkatan keandalan dipengaruhi oleh variasi volume, periode waktu dan periode resiko kegagalan. Dalam pengoperasian waduk, tingkat keandalan waduk dihitung dengan persamaan :

$$R_p = (n/N) 100\%$$

$$R_v = (v/V) 100\%$$

METODE PENELITIAN

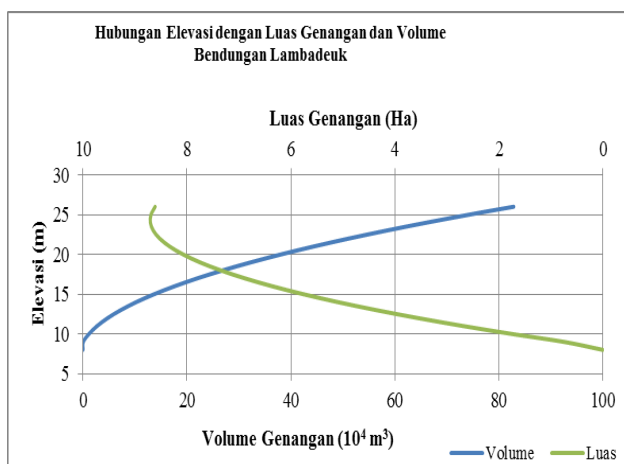
Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data peta lokasi, data Hidrologi, data Klimatologi, data Demografi, dan data Teknis Perencanaan Embung Lambadeuk.

Data Perencanaan Embung Lambadeuk

Data perencanaan Embung Lambadeuk digunakan untuk mengetahui volume tampungan waduk, luas tampungan waduk dan elevasi permukaan air embung. Dari perencanaan Embung Lambadeuk didapatkan data tampungan embung sebagai berikut :

- Kapasitas Tampungan : 225.000 m³
- Tinggi Embung : 14,80 m
- Dasar Cut Off : + 6,50
- Elevasi Dasar Embung : + 8,00
- Elevasi Tampungan Mati : + 11,20
- Elevasi Pelimpah : + 17,80
- Elevasi Debit Banjir : 19,544
- Tinggi Jagaan : 3,50 m
- Pipa pelepasan di Intake : Ø 30 cm



Gambar 3. Lengkung Kapasitas Embung Lambadeuk

Analisis Optimasi Sistem Pengoperasian Waduk

Dalam penelitian optimasi ini yang dipakai sebagai fungsi tujuan meminimalkan deviasi antara *release* dan *demand* serta

melakukan evaluasi fungsi kendala volume tampungan embung. Penentuan tahapan untuk program optimasi pengoperasian Embung Lambadeuk dirumuskan sebagai berikut.

- a. Fungsi tujuan (*objective function*) yaitu :
- b. Sasaran optimasi adalah *Minimize* antara *release* dan *demand*.
- c. Variabel kendala (*constraint*)
 - Kebutuhan debit bulanan ($R_1 \text{ s/d } R_{12} \geq \text{Demand 1 s/d 12}$)
 - *Release* bulanan yang dilepas harus lebih besar dari kebutuhan
 - Tampungan embung $V_{\min} \leq V_t \leq V_{\max} \rightarrow V_t = V_1 \text{ s/d } V_{12}$
 - Kendala (*constraint*) berlaku untuk tampungan embung (*storage*). Pada setiap tahapan pengoperasian, volume tampungan waduk dibatasi oleh volume maksimum operasi dan volume minimum operasi.
 - Tinggi muka air ($TMA_{\text{bulan ke 13}} \geq TMA_{t=1}$)
 - Ketinggian muka air embung pada bulan ke-13 atau pada awal bulan tahun berikutnya, harus lebih besar atau sama dengan ketinggian muka air pada awal tahun pengoperasian.
 - Optimasi pengopersian untuk kebutuhan *maintenance flow*, nilai batas yang paling minimum diambil sebesar 5% dari debit andalan.
 - $R_1 \text{ s/d } R_{12} \geq MF$ (*Maintenance Flow*)
 - Pipa Transmisi
 - Pipa Ø 30 cm (*Galvanis Iron pipe*) terletak pada *Intake* yang berfungsi sebagai pelepasan air pada embung.

serta syarat $V_{\max}$ pipa transmisi Galvanis : 6 m/dt, Q_{pipa} dipakai sebagai *constraint*.

- *Release* bulanan pada awal bulan sampai akhir bulan berikutnya harus lebih kecil dari Q_{pipa} pelepasan.
- ($R_1 \leq R_{12} \leq Q_{\text{pipa}}$)
- d. Variabel keputusan (*decision variable*) yaitu :
- e. Keputusan *Release* air baku atau pelepasan dalam pengoperasian embung menghasilkan *release* bulanan pada periode pengoperasian tahun basah (20%), tahun normal (50%) dan tahun kering (80%).

Analisis Keandalan Embung

Analisis tingkat keandalan embung tergantung dari kemampuan embung dalam memenuhi pasokan air terhadap berbagai kebutuhan. Variabel keandalan dipengaruhi oleh variasi volume input, output, dan periode waktu. Dalam pengoperasian Embung, tingkat keandalan dihitung dengan persamaan :

$$R_p = (n/N) 100\%$$

$$R_v = (v/V) 100\%$$

Periode Keandalan (R_p) adalah rasio jumlah periode waktu (n) untuk dapat menuntut dapat dipenuhi dengan jumlah total periode waktu (N), dan Volume keandalan (R_v) adalah rasio dari volume air yang disediakan (v) terhadap volume yang diminta (V).

HASIL PEMBAHASAN

Ketersediaan Air

Adapun daerah aliran Sungai Kr. Lambadeuk yang merupakan sebagai sumber utama *inflow* embung, yang memiliki luas DAS sebesar 2,27 km². Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh debit andalan dengan mengurutkan debit bulanan dari urutan besar ke urutan kecil (*probability*) dari probabilitas debit andalan yang dipilih adalah debit andalan pada tahun basah 20%, debit andalan tahun normal 50% dan debit andalan tahun kering 80%.

Tabel 1 Rekap Debit Andalan 3 Tahun Musim

Bulan	Musim Basah 20%		Musim Normal 50%		Musim Kering 80%	
	M ³ /det	MCM	M ³ /det	MCM	M ³ /det	MCM
Jan	0,335	0,898	0,283	0,757	0,222	0,594
Feb	0,245	0,593	0,159	0,385	0,055	0,133
Mar	0,404	1,081	0,242	0,647	0,191	0,511
Apr	0,297	0,769	0,171	0,443	0,155	0,401
May	0,212	0,569	0,139	0,372	0,115	0,307
Jun	0,241	0,625	0,129	0,335	0,049	0,127
Jul	0,139	0,373	0,105	0,282	0,062	0,166
Aug	0,168	0,449	0,082	0,219	0,052	0,140
Sep	0,208	0,539	0,135	0,351	0,106	0,274
Oct	0,338	0,906	0,190	0,509	0,089	0,237
Nov	0,463	1,199	0,281	0,729	0,229	0,594
Dec	0,402	1,076	0,294	0,787	0,203	0,545

Evaporasi

Untuk perhitungan ini, kehilangan air yang terjadi akibat evaporasi pada genangan permukaan air embung akan menyebabkan berkurangnya volume tampungan air di embung. Besarnya kehilangan air akibat evaporasi berubah sesuai dengan perubahan

iklim dan luas genangan permukaan air
embung

Tabel 2 Laju Evaporasi

KET	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ET _o	4,484	4,978	4,856	4,716	5,123	4,978	4,868	5,020	5,014	4,486	4,024	3,910
Evaporasi	4,932	5,475	5,341	5,188	5,636	5,476	5,355	5,522	5,516	4,935	4,427	4,301

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Pada perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk di Kecamatan Peukan Bada, mulai Tahun 2015 dengan interval 5 tahun sampai

Tahun 2035 menggunakan 2 (dua) metode yaitu metode *Geometrik* dan *Aritmatik*. Dari hasil perhitungan yang dipakai metode *Aritmatik* yang berdasarkan Standar Deviasi yang terkecil.

Kebutuhan Air bersih

Dari hasil perhitungan kebutuhan air bersih di Tahun 2015 sebesar 0,0099 m³/dtk dengan jumlah penduduk 5.954 jiwa dan kebutuhan air bersih di Tahun 2035 sebesar 0,0176 m³/dtk dengan jumlah penduduk 10.534 jiwa.

Tabel 3 Rekap Proyeksi Pertumbuhan Penduduk metode *Geometrik* dan *Aritmatik*

Proyeksi pertumbuhan penduduk dengan dua metode												
Di Kecamatan Peukan Bada tahun 2015 s.d. 2035												
No	Mukim	Desa	Metode Geometrik					Metode Aritmatik				
			2015	2020	2025	2030	2035	2015	2020	2025	2030	2035
1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Gurah	Lam Isek	457	483	510	538	568	465	502	540	577	615
		Lam Geumok	152	163	174	185	198	235	397	560	722	885
2	Lamteungoh	Lamlumpu	1064	1202	1358	1534	1732	1.027	1.127	1.227	1.327	1.427
		Lam Teeh	597	631	667	705	745	682	917	1.152	1.387	1.622
		Lambaro	376	395	415	435	457	359	389	419	449	479
		Lam Manyang	345	366	387	410	435	324	341	359	376	394
		Lam Awee	288	304	320	337	355	273	293	313	333	353
		Meunasah Tuha	506	535	566	598	632	488	535	583	630	678
		Lamteungoh	220	234	248	264	280	208	535	238	253	268
3	Lampageu	Lamtutui	218	229	239	250	262	210	230	250	270	290
		Lam Guron	250	374	733	1439	2823	224	399	574	749	924
		Lambadeuk	256	272	288	305	323	260	307	355	402	450
		Lambaro Neujid	890	943	999	1058	1121	851	926	1.001	1.076	1.151
	Jumlah	Lampageu	280	297	315	335	355	351	513	676	838	1.001
		Total	5899	6428	7219	8393	10286	5954	7411	8244	9389	10534
		Average	421,4	459,1	515,6	599,5	734,7	425,3	529,4	588,9	670,6	752,4
		Stdev	267,28	293,33	332,57	438,378	727,8153	256,6204	270,393	322,9843	373,3987	430,2531

Tabel 4 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

No	Uraian	Satuan	Tahun Proyeksi (Pn)				
			2015	2020	2025	2030	2035
A	Penduduk (domestik dan non domestik)						
1	Penduduk (3 Mukim)	Jiwa	5.954	7.411	8.244	9.389	10.534
2	Kebutuhan air per jiwa	Lt/org/hari	60	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	m3/dt	0,0041	0,0051	0,0057	0,0065	0,0073
4	Kebutuhan Air non domestik	m3/dt	0,000615	0,000765	0,000855	0,000975	0,001095
	(15% dari kebutuhan air domestik)						
5	Jumlah keb. air domestik dan non domestik	m3/dt	0,0047	0,0059	0,0066	0,0075	0,0084
		m3/th	148.692	184.959	206.718	235.732	264.745
6	Kehilangan air 20%	m3/dt	0,0009	0,0012	0,0013	0,0015	0,0017
		m3/th	29.738	36.992	41.344	47.146	52.949
7	Kebutuhan air rata-rata	m3/dt	0,0057	0,0070	0,0079	0,0090	0,0101
		m3/th	178.430	221.951	248.062	282.878	317.694
8	Kebutuhan air maksimum	m3/dt	0,0085	0,0106	0,0118	0,0135	0,0151
	(faktor koefisien 1,5)	m3/th	267.645	266.341	297.674	339.454	381.233
	Jumlah Kebutuhan Air	m3/dt	0,0099	0,0123	0,0138	0,0157	0,0176
	(faktor koefisien jam puncak 1,75)						
		m3/th	312.253	388.414	434.109	495.037	555.965

Optimasi Pengoperasian Waduk

Adapun proses pengoptimasian dan tahapan-tahapan optimasi menggunakan program *Non Linear* dengan *solver Microsoft Excel* akan mendapatkan pola operasi Embung pada masing-masing periode. Pola operasi ini merupakan suatu panduan dalam mengambil kebijakan berupa besar *release* air embung yang akan dikeluarkan dalam memenuhi kebutuhan air bersih dengan memperhatikan batasan-batasan yang telah ditentukan sebagai fungsi kendala untuk tercapainya sistem pengoperasian Embung dengan optimal.

Pengoperasian Embung Pada Tahun Kering

Untuk Perhitungan optimasi pengoperasian tahun kering debit *Inflow* yang bersumber dari alur sungai kreung Lambadeuk yang paling tinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 0.594 MCM, Tinggi Muka Air sebesar 17,445 m, Luas Genangan sebesar 0,071 Km² dan Volume Embung sebesar 24,168 MCM.

Pengoperasian Embung Pada Tahun Normal

Untuk Perhitungan tampungan pada optimasi pengoperasian Tahun normal debit *Inflow* yang paling tinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 0.787 MCM, Tinggi Muka Air sebesar 18,316 m, Luas Genangan sebesar 0,075 Km² dan Volume embung sebesar 28,561 MCM.

Pengoperasian Embung Pada Tahun Basah

Untuk Perhitungan tampungan pada optimasi pengoperasian tahun basah debit *Inflow* yang paling tinggi terjadi pada bulan Nopember sebesar 1,199 MCM, Tinggi Muka Air sebesar 18,695 m, Luas Genangan sebesar 0,076 Km² dan Volume Embung sebesar

30,591 MCM.

Keandalan Embung

Pengoperasian keandalan embung dikondisikan dalam tiga tahun musim, yaitu pada kondisi tahun kering, kondisi tahun normal dan kondisi tahun basah. Keandalan embung pada rekap tahunan kering dengan debit *inflow* sebesar 4,031 MCM, dengan keandalan air baku sebesar 100% terpenuhi. Keandalan embung pada rekap tahunan normal dengan debit *inflow* sebesar 5,816 MCM, dengan keandalan air baku sebesar 100% terpenuhi dan keandalan embung pada rekap tahunan normal dengan debit *inflow* sebesar 9,077 MCM, dengan keandalan air baku sebesar 100% terpenuhi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rekap Keandalan Embung Lambadeuk

Rekap Keandalan Optimasi Embung Lambadeuk					
Periode	Tahun	Inflow	R - AB	Keb - AB	Rv AB (%)
		Satuan (MCM)			(%)
Kondisi Tahun Kering	2015	4,031	0,312	0,312	100
	2020	4,031	0,388	0,388	100
	2025	4,031	0,434	0,434	100
	2030	4,031	0,495	0,495	100
	2035	4,031	0,556	0,556	100
Periode	Tahun	Inflow	R - AB	Keb - AB	Rv AB (%)
Kondisi Tahun Normal	2015	5,816	0,312	0,312	100
	2020	5,816	0,388	0,388	100
	2025	5,816	0,434	0,434	100
	2030	5,816	0,495	0,495	100
	2035	5,816	0,556	0,556	100
Periode	Tahun	Inflow	R - AB	Keb - AB	Rv AB (%)
Kondisi Tahun Basah	2015	9,077	0,312	0,312	100
	2020	9,077	0,388	0,388	100
	2025	9,077	0,434	0,434	100
	2030	9,077	0,495	0,495	100
	2035	9,077	0,556	0,556	100

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Ketersedian air pada embung lamabadeuk sebagai sumber *Inflow* yang berasal dari aliran alur sungai kreung Lambadeuk dikelompokkan dalam tiga kondisi tahun musim, dimana kondisi tahun musim kering debit *Inflow* yang tertinggi berada pada bulan Januari sebesar 0,594 MCM, pada kondisi tahun normal debit *Inflow* yang tertinggi berada pada bulan Desember sebesar 0,787 MCM dan pada kondisi tahun basah debit *Inflow* yang tertinggi pada bulan Nopember sebesar 1,199 MCM.
2. Proyeksi pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air bersih di Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar yang terdiri dari 14 desa, Tahun 2015 jumlah penduduk sebesar 5.954 jiwa dengan kebutuhan air bersih sebesar 0,0099 m³/dt dan proyeksi penduduk tahun 2035 jumlah penduduk sebesar 10.543 jiwa dengan kebutuhan air bersih sebesar 0,0176 m³/dt.
3. Optimasi pengoperasian embung Lambadeuk yang terbagi dalam tiga kondisi tahun musim, yaitu
 - a. Kondisi tahun kering dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2035 *Inflow* rata-rata sebesar 4,031 MCM, *Release* air baku sebesar 0,312 MCM dan kebutuhan air baku 0,556 MCM.
 - b. Kondisi tahun normal dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2035 *Inflow* rata-rata sebesar *Inflow* rata-rata sebesar 5,816 MCM, *Release* air baku sebesar 0,312 MCM dan kebutuhan air baku 0,556 MCM, nyatakan konstan.
 - c. Kondisi tahun basah dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2035 *Inflow* rata-rata sebesar *Inflow* rata-rata sebesar 9,077 MCM, *Release* air baku sebesar 0,312 MCM dan kebutuhan air baku 0,556 MCM, juga nyatakan konstan, karena release air di embung akan menyesuaikan dengan kebutuhan air baku di hilir embung. Jadi *Release* air baku harus memenuhi kebutuhan air di hilir, atau kebutuhan air baku akan menyesuaikan terhadap volume Embung dan periode waktu, sehingga Keandalan Embung terpenuhi 100%. Jika *Release* air baku lebih kecil dari kebutuhan, maka Keandalan 100% tidak terpenuhi.
4. Keandalan dalam optimasi pengoperasian embung yang terdiri dari tiga kondisi tahun musim untuk pemenuhan kebutuhan air baku di daerah hilir embung terpenuhi keandalan 100% dengan proyeksi jumlah penduduk 10.534 jiwa tahun 2035 dengan kebutuhan air bersih sebesar 0,0176 m³/dt.

Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan agar diperhitungkan juga sedimentasi dengan tidak dibahas Volume maximum sehingga penelitian selanjutnya akan lebih akurat.
2. Dari hasil perhitungan keandalan Embung Lambadeuk terpenuhi 100% yang berpengaruh terhadap volume dan periode waktu untuk pemenuhan air baku di daerah hilir Embung, maka pihak manajemen pengelola Embung Lambadeuk agar bisa mengambil langkah-langkah untuk memperluas daerah layanan kebutuhan air baku yang bersumber dari Embung Lambadeuk Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmeri, 200,. Analisa Ketersediaan Air dan sistem Operasi waduk Sukawarna-Sungai Cimahi, (Thesis) ITB, Bandung.
- Admaja, 2015, Sistem pengoperasian waduk dengan menggunakan program Solver Microsoft Excel, (Tesis), Unsyiah
- BWS Sumatera-I, 2013. Laporan Final SID Jarinagn Air baku Embung Lambadeuk Kabupaten Aceh Besar, PPK Perencanaan BWS S1.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kimpraswil, 2002, Pedoman Petunjuk Teknik dan Manual air Minum Perkotaan Edisi Pertama, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, 2013. Aceh Besar dalam Angka 2013.
- Badan Pusat Statistik, 2015. Statistik Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar.
- Chow,V.T., et al, 1988, Applied Hydrology, International Edition, Hill Book Company, Inc, New york.
- Departemen PU, 2000. Pedoman Perencanaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Buku 1 s/d 10, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen PU, 2005. Standar Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik Perkotaan,Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen PU, 1986. Standar Perencanaan Irigasi (KP-01), Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Linsley, R.K., Joseph, B.F. 1994. Water Resources Engineering, Penerjemah: Teknik Sumber Daya Air.Jilid ke-1.Ed. Ke-3. Sasongko, D., Erlangga, Jakarta.
- Montarcih, L., 2011, Manajemen Sumber Daya Air, Lubuk Agung, Bandung.
- Miller, E. R., 2000, Optimization-Foudations and Applications, A Wiley-Interscience Publication, Canada.
- Mock, F.J, 1973, Land Capability Appraisal Indonesia, Water

- Availability Appraisal, UNDP/FAO,
Bogor, Indonesia
- Ossenbruggen, P. J. 1984. System Analysis
for Civil Engineers, New York.
- Soemarto, C.D. 1999. Hidrologi Teknik,
Usaha Nasional, Surabaya.
- Wurb, A. R. 1996,. Modelling and Analysis
of Reservoir System Operations
Prentice Hall PTR.Upper Saddle
River NJ 07458.,