

**SIMULASI POLA OPERASI WADUK RAKNAMO DI KABUPATEN KUPANG
NUSA TENGGARA TIMUR**

Robinson S. Keo¹⁾, Costandji Nait^{2*)}, Denik Sri Krisnayanti³⁾,

¹⁾Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto Penfui, Kupang, Indonesia

²⁾ Staf Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

Jl. Frans Seda Bundaran PU, Kupang, Indonesia

³⁾ Dosen Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto Penfui, Kupang, Indonesia

**Telp: +62-8123794142; email: denik.krisnayanti@staf.undana.ac.id*

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah salah satu dari 34 provinsi yang ada di Indonesia dengan jumlah penduduk sebanyak 5.287.302 jiwa. Setiap tahun masyarakat provinsi NTT selalu menghadapi permasalahan kekeringan yang diakibatkan oleh musim kemarau berkepanjangan yang mempengaruhi ketersediaan air baku dan air irigasi bagi masyarakat yang berprofesi sebagai petani. Waduk Raknamo dengan tampungan efektif air sebanyak 10,26 juta m³ akan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air baku dengan kapasitas layanan 100 liter per detik, kebutuhan air irigasi D.I potensial seluas 1.323 ha dan juga sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dengan kapasitas 0,22 MW. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diatas, maka dalam kajian ini dilakukan simulasi pola operasi waduk yaitu melakukan simulasi pola operasi penggunaan air Waduk Raknamo sesuai dengan ketersediaan air yang ada. Simulasi pola operasi ini dilakukan menggunakan debit andalan 50% (Q₅₀) dan 80% (Q₈₀). Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah dengan studi literatur dan survey lapangan guna memperoleh data yang akurat. Pola operasi Waduk Raknamo dengan metode simulasi dan dengan pola tata tanam padi-padi-palawija serta asumsi kebutuhan air baku penduduk selalu terpenuhi. Luas lahan pertanian yang dapat diairi pada debit andalan 50% (Q₅₀) adalah sebesar 848,90 ha untuk musim tanam pertama, 224,30 ha untuk musim tanam kedua dan 232,60 ha untuk musim tanam ketiga. Untuk debit andalan 80% (Q₈₀) luas lahan pertanian yang dapat diairi adalah sebesar 237,10 ha untuk musim tanam pertama, 52,60 ha untuk musim tanam kedua dan ketiga.

Kata Kunci : waduk, simulasi, pola operasi

Author : Robinson S. Keo, Costandji Nait, Denik Sri Krisnayanti .

1. PENDAHULUAN

Pembangunan waduk merupakan salah satu alternative dari sistem penyediaan air yang dibangun untuk mengatasi permasalahan kekurangan air dengan cara menampung kelebihan air pada musim hujan dan nantinya dapat dipergunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan saat musim kemarau diantaranya adalah air baku dan air irigasi.

Hal yang dirasa penting untuk diperhatikan dari sebuah bendungan adalah kapasitas tampungannya dan juga cara pengoperasian dari sebuah waduk. Seringkali ketersediaan air di waduk tidak dapat mencukupi kebutuhan air, padahal saat perencanaan kebutuhan air telah sesuai perhitungan. Dalam pelaksanaannya, ternyata sering kali ketersediaan air di waduk tidak mencukupi kebutuhan satu tahun. Ada beberapa penyebab, antara lain kapasitas tampung waduk yang sudah berkurang, kehilangan air disalurkan pembawa (*conveyence losses*) atau pendistribusian air tidak menggunakan pola operasi.

Waduk Raknamo dengan tampungan efektif air sebanyak 10,26 juta m³ akan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air baku dengan kapasitas layanan 100 liter per detik, kebutuhan air irigasi D.I potensial seluas 1.323 ha dan juga sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dengan kapasitas 0,22 MW untuk kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat di sekitar daerah Desa Raknamo, Desa Manusak dan Kelurahan Naibonat dengan jumlah penduduk sebanyak 69.653 jiwa.



Gambar 1. Bendungan Raknamo

Berdasarkan kebutuhan-kebutuhan air diatas, maka diperlukan suatu cara penjatahan/pendistribusian air yang tepat untuk dapat memenuhi semua kebutuhan air secara maksimal dan merata. Metode yang dipakai dalam pendistribusian air adalah metode simulasi, yang merupakan suatu rancangan dalam pemecahan model-model perencanaan dengan meniru kelakuan sistem yang bersangkutan, karena didasarkan pada hukum kontinuitas atau persamaan tampungan massa. Metode ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kebutuhan air serta perubahan kapasitas tampungan waduk, sehingga dari hasil perhitungan ini dapat ditetapkan pola operasi waduk yang optimal dengan meninjau hubungan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air.

Tinjauan Pustaka

Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan ETo berdasarkan rumus *Penmann* di daerah Indonesia adalah:

$$E_{to} = c \times E_{To}^* \quad (1)$$

$$E_{To}^* = W(0,75R_s - R_{n1}) + (1 - W). f(u). (e_a - e_d) \quad (2)$$

dengan:

W = faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

e_a = tekanan uap sebenarnya yang besarnya berhubungan T

$f(t)$ = fungsi suhu

e_d = $e_a \cdot RH$

$f(t)$ = $\sigma \cdot T_a^4$

R_s = radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekuivalen (mm/hari)

R_s = $(a + b \cdot n/N) R_a$

R_a = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer atau angka angot (mm/hari)

R_{n1} = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)

R_{n1} = $f(t) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N)$

$f(e_d)$ = fungsi tekanan uap

$f(e_d)$ = $0,34 - (0,044 \cdot e_d^{0,5})$

$f(n/N)$ = fungsi kecerahan

$f(n/N)$ = $0,1 + (0,9 \cdot n/N)$

$f(U)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (m/dt)

$f(U)$ = $0,27 (1 + 0,864 U)$

$(e_a - e_d)$ = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

RH = kelembaban udara relatif (%)

c = angkakoreksi Pennman yang be- sarnyamempertimbangkan perbedaan cuaca

Analisa Debit Andalan

Debit andalan adalah debit dari suatu sumber air yang diharapkan dapat disadap dengan resiko kegagalan tertentu (Kriteria Perencanaan 01 - Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi, 2010).

Metode yang digunakan dalam penentuan besar debit andalan adalah Metode “DR F. J. Mock”. Parameter yang digunakan dalam perhitungan debit andalan dengan Metode “DR F. J. Mock” adalah:

a. Evapotranspirasi Terbatas (Aktual)

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi yang memper-timbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta kondisi iklim atau keadaan nyata di lapangan (Hadisusanto, 2010). Untuk menghitung evapotranspirasi terbatas ini diperlukan data:

- 1) Curah hujan bulanan (P)
- 2) Jumlah hari hujan bulanan (n)
- 3) Singkapan lahan, *exposed surface* (m %)

Nilai m diperoleh dari peta tata guna lahan, atau diasumsi:

- m = 0 % untuk lahan dengan hutan lebat
- m = 10 % - 40 % untuk lahan yang tererosi
- m = 30 % - 50 % untuk lahan pertanian yang diolah

Secara matematis evapotranspirasi terbatas dirumuskan sebagai berikut:

$$E = E_{To} \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \quad (3)$$

$$ET = E_{To} - E \quad (4)$$

dengan:

- E = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)
- E_{To} = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- m = Singkapan lahan, *exposed surface* (%)
- n = Jumlah hari hujan dalam sebulan
- ET = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

b. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

Keseimbangan air di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1) Air Hujan (ΔS)

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dihitung dengan persamaan :

$$\Delta S = P - ET \quad (5)$$

dengan:

- ΔS = Keseimbangan air di permukaan tanah (mm)
- P = Curah hujan bulanan (mm/hari)
- ET = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

Perubahan Kandungan Air Tanah

Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*) tergantung dari harga air hujan efektif (ΔS). Bila harga ΔS negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila ΔS positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembaban tanah bulan sebelumnya.

Kapasitas Kelembaban Tanah (*Soil Moisture Capacity*)

Persamaan yang digunakan untuk besarnya kapasitas kelembaban tanah sebagai berikut (Setyoasri, 2015) :

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)} \quad (6)$$

dengan:

$SMC_{(n)}$ = Kelembaban tanah bulan ke n (mm/bulan)

$SMC_{(n-1)}$ = Kelembaban tanah bulan ke n - 1

IS = Tampungan awal (*initial Storage*) (mm)

Kelebihan Air (*Water Surplus*)

Kelebihan air adalah volume air yang akan masuk ke permukaan tanah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya kelebihan air adalah:

$$WS = \Delta s - SS \quad (7)$$

dengan:

WS = Kelebihan air (*Water Surplus*) (mm)

Δs = Air hujan mencapai permukaan tanah

SS = Kandungan air tanah

c. Infiltrasi

Infiltrasi adalah gerakan vertikal air hujan ke dalam tanah melalui permukaan tanah (Hadisusanto,2010). Gerakan air ini disebabkan oleh berat sendiri, rekahan tanah (celah tanah) dan tingkat kejenuhan dari tanah. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan infiltrasi adalah :

$$i = WS \times k \quad (8)$$

dengan:

i = Infiltrasi (mm)

k = Koefisien infiltrasi (diasumsikan 0–1)

WS = Kelebihan Air (*Water Surplus*) (mm)

d. Penyimpanan Air Tanah (*Ground Water Storage*)

Persamaan yang dipergunakan dalam perhitungan penyimpanan air tanah adalah sebagai berikut :

$$V_n = k \times V_{(n-1)} - 0,5 (1 + k) \times I \quad (9)$$

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)} \quad (10)$$

dengan:

k = Faktor resensi aliran tanah

q_t = Aliran air tanah pada bulan ke t

q_0 = Aliran air tanah pada awal bulan

V_n = Volume air tanah bulan ke- n

$V_{(n-1)}$ = Volume air tanah bulan sebelumnya

ΔV_n = Perubahan volume aliran air tanah

i = Infiltrasi

e. Aliran Sungai

Untuk mendapatkan besarnya aliran sungai dapat ditentukan dengan persamaan (Setyoasri,2015) :

1) Aliran Dasar (*Base Flow*)

$$BF = i - \Delta V \quad (11)$$

dengan:

BF = Aliran Dasar (mm / dtk)

i = Infiltrasi(mm)

ΔV = Perubahan volume aliran air dalam tanah (mm)

Aliran Permukaan (Direct Run Off)

$$DRO = Vws - i \quad (12)$$

dengan:

DRO = Aliran permukaan (mm/dtk)
Vws = Volume air lebih (*water surplus*) (mm)
i = Infiltrasi Aliran Sungai (*Run Off*)

$$RO = DRO - BF \quad (13)$$

dengan

RO = Aliran sungai (mm/dtk)
DRO = Aliran permukaan (mm/dtk)
BF = Aliran dasar (mm/dtk)

f. Debit Andalan

Debit andalan (Q_n) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_n = \frac{A \times RO}{86400 \times n} \quad (14)$$

dengan:

Q_n = Debit andalan (m^3/dtk)
A = Luas DAS (m^2)
RO = *Run off* (mm/dtk)
86400 = Jumlah detik dalam 1 hari (dtk)
h = Jumlah hari dalam 1 bulan (n)

Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi didasarkan pada prinsip keseimbangan air (*water balance*) yang dinyatakan dalam persamaan (Suhardjono, 1994):

$$NFR = ET_c + P - Reff + WLR \quad (15)$$

dengan:

NFR = *Netto field water requirement*, kebutuhan bersih air disawah (mm/hari)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

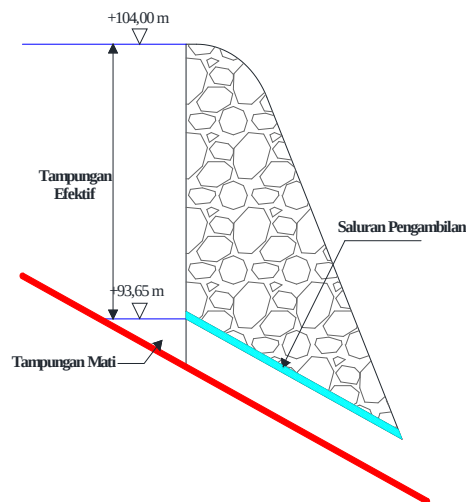
P = Perkolasi (mm/hari)

Reff = Curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = Pergantian lapisan air (mm/hari)

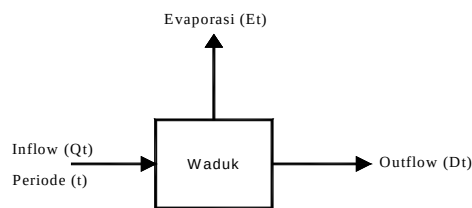
Simulasi Pola Operasi

Fungsi utama dari waduk adalah untuk menyediakan tampungan, jadi karakter fisik yang dipandang sangat penting adalah kapasitas tampungan.



Gambar 2 Zona TampunganWaduk

Bentuk persamaan tampungan yang sering digunakan untuk operasi waduk adalah persamaan kontinuitas yang memberi hubungan antara masukan, keluaran dan perubahan tampungan yang disebut analisis perilaku (model simulasi).



Gambar 3 Model Simulasi

a. Perencanaan Pengoperasian Waduk

Untuk membuat pola operasi tersebut harus mengikuti hal-hal sebagai berikut:

- 1) Lakukan perhitungan debit andalan untuk tahun normal dengan probabilitas keandalan sebesar 50% (Q_{50}) dan tahun kering dengan probabilitas keandalan 80% (Q_{80}).
- 2) Konversikan debit air masuk sesuai debit andalan yang ada menjadi volume. Selanjutnya volume tersebut dikonversi menjadi TMA dari masing-masing waduk untuk bulan Mei sampai Maret, sedangkan TMA pada bulan April adalah TMA aktual yang biasa disebut dengan *initial condition*.
- 3) Hitung besarnya penguapan (evaporasi) tengah bulanan untuk setiap perubahan TMA waduk dengan cara mengalikan tebal evaporasi waduk rata-rata (dalam milimeter) dengan luas permukaan waduk.
- 4) Ketahui luas permukaan waduk untuk setiap perubahan TMA waduk dengan menggunakan kurva hubungan antara TMA dengan luas permukaan waduk.
- 5) Tentukan TMA maksimum dan minimum operasional waduk. TMA waduk pada saat operasional tidak boleh melampaui kedua TMA tersebut.
- 6) Tentukan batasan-batasan (*constraint*) waduk dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:
 - TMA Waduk tiap bulan $\leq$ tinggi minimum operasional waduk. Jika tidak, pembangkit listrik tenaga air (PLTMH) di waduk tidak dapat dioperasikan apabila sistem listrik dalam keadaan darurat.
 - TMA Waduk tiap bulan $\geq$ tinggi maksimum operasional waduk. Jika tidak, sawah akan mengalami kekeringan dan terjadi defisit air baku
 - Debit air keluar waduk yang berada di hilir $\geq$ kebutuhan pengairan untuk irigasi dan air baku. Jika tidak, sawah akan mengalami kekeringan dan terjadi defisit air baku.

- 7) Buat batasan atau koridor pola operasi waduk untuk mengetahui kondisi debit air masuknya. Koridor tersebut terdiri atas dua macam, yaitu pola tahun normal (Q_{50}) dan pola tahun kering (Q_{80}).
- 8) Hitung besarnya produksi listrik (*Total Power*) yang dihasilkan oleh waduk yang terletak di hilir berdasarkan besarnya debit air keluar (*outflow*). Rumus umum yang digunakan sebagai berikut:

$$P = \eta \times g \times e \times Q \times H \quad (15)$$

dengan:

P = Power, dalam Watt
 η = Kerapatan massa air, dalam kg/m³
g = Percepatan gravitasi, dalam m/s²
e = Efisiensi turbin
Q = Debit air keluar turbin, dalam m³/s
H = Tinggi jatuh (*Head*) efektif, dalam meter

- 9) Masukkan data debit air masuk (debit andalan) dan batasan yang diinginkan ke dalam model perhitungan, sehingga diperoleh Pola Operasi Waduk Irigasi – Air Baku – Listrik.

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah dokumentasi tempat penelitian, wawancara atau Tanya langsung dengan warga sekitar mengenai kebiasaan-kebiasaan yang dilakukan dalam kegiatan pertanian. Untuk data sekunder meliputi:

- 1) Data curah hujan selama 15 tahun dari tahun 2002-2016 yang diambil dari 3 pos stasiun curah hujanyaitu Naibonat, Camplong dan Raknamo.
- 2) Data teknis waduk, seperti elevasi bangunan pelimpah (*spillway*), elevasi normal, elevasi maksimum dan minimum operasional, elevasi tampungan mati (*dead storage*), dan volume efektif yang diperlukan untuk menetapkan batasan-batasan operasional sebuah waduk.
- 3) Data klimatologi, adalah data iklim selama 15 tahun dari tahun 2002-2016 yang didapatkan dari Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG) stasiun Lasiana, yang akan digunakan untuk menghitung besar evapotranspirasi dari air pada waduk Raknamo dan evapotranspirasi pada perhitungan debit andalan.
- 4) Data hubungan antara TMA waduk dengan volume tampungan dan data TMA waduk dengan luas permukaan waduk yang ditabelkan.
- 5) Data kebutuhan air baku dan PLTMH.
- 6) Data yang diambil dari literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian ini.

Teknik Analisa Data

Teknik analisa data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Evapotranspirasi
 Dalam perhitungan evapotranspirasi, akan menggunakan metode *Pennman*-Modifikasi yang hasilnya akan digunakan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi, debit aliran, dan simulasi operasi waduk.
- 2) Perhitungan Besar Debit Andalan
 Perhitungan besar debit andalan menggunakan metode DR. F.J. Mock. Dengan menggunakan data hasil perhitungan evapotranspirasi dan data hujan setengah bulanan maka akan dihitung untuk mendapatkan besar debit aliran.
 Kemudian hasil data debit aliran masuk, akan di hitung untuk mendapatkan debit andalan Tahun Kering (Q_{80}) dan debit andalan Tahun Normal (Q_{50}).
- 3) Analisis Besar Kebutuhan Air Irigasi
 Analisa pola tanam dengan menggunakan tanaman padi dan palawija dengan waktu penanaman yang berbeda untuk mendapatkan kebutuhan air irigasi. Pola dan tata tanam yang digunakan adalah padi-padi-palawija (pd-pd-pw) dengan jadwal tanam yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1JadwalTanam Pola TanamPadi-Padi-Palawija (Pd-Pd-Pw)

Pola Tanam	MusimTanam I	MusimTanam II	MusimTanam III
Simulasi 1	Des -I	Apr-II	Sept-I
Simulasi 2	Nov-II	Apr-I	Agust-II
Simulasi 3	Nov-I	Mar-II	Agust-I
Simulasi 4	Sept-II	Mar-I	Juli-II

4) Neraca Air

Perhitungan neraca air untuk mendapatkan simulasi dengan kebutuhan air irigasi yang paling optimal dari antara simulasi yang telah dilakukan pada pola tanam padi-padi-palawija (pd-pd-pw). Perhitungan neraca air menggunakan kebutuhan air irigasi dan debit andalan Tahun Normal (Q_{50}) dan Tahun Kering (Q_{80}).

5) Simulasi Pola Operasi Waduk

Perhitungan simulasi pola operasi waduk yang paling optimal berdasarkan kondisi air tahun kering (Q_{80}) dan tahun normal (Q_{50}) dengan mempertimbangkan kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTMH yang akan dilayani oleh waduk.

6) Hasil Simulasi

Hasil berupa data TMA waduk pada pola operasi tahun kering (Q_{80}) dan tahun normal (Q_{50}) dan data debit keluaran waduk yang optimal untuk melayani kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTMH.

4. HASIL ANALISA

Hujan efektif yang dihasilkan untuk perhitungan simulasi waduk diperlihatkan pada Tabel 2.

Dalam menghitung debit andalan, digunakan data debit hujan dari 3 pos stasiunya itu stasiun Raknamo, Naibonat dan Camplong selama 15 tahun dengan menggunakan metode DR. F.J. Mock. Adapun hasil perhitungan debit Andalan untuk tahun normal (Q_{50}) dan tahun kering (Q_{80}) ditampilkan pada Tabel 3. Dari tabel menunjukkan pada Sungai Noel-Pua mes tidak ada aliran pada saat Tahun Kering dan semakin besar hingga pada saat Tahun Air Normal.

Kebutuhan Air Irigasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan besarnya kebutuhan air di sawah adalah pola tata tanam dalam hal ini adalah padi 1 – padi 2 – palawija, koefisien tanaman yang ditentukan oleh jenis tanaman, jenis tanah yang mempengaruhi nilai perkolasi, kebutuhan air untuk pengolahan tanah dan persemaian serta besarnya curah hujan efektif. Musim Tanam setiap tahun dimulai bervariasi dari bulan Desember hingga Oktober yang nantinya akan digunakan kebutuhan irigasi yang paling kecil dari keempat simulasi. Hasil perhitungan Kebutuhan Irigasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2 Curah HujanEfektifTanamanPadi dan Palawija

Bulan	Periode	R_{50}	R_{80}	Hujanefektifpadi (mm/bln)	Hujanefektifpalawija (mm/bln)
		(mm/bln)	(mm/bln)	$70\% \times R_{80}$	$50\% \times R_{50}$
Januari	I	194,47	77,56	54,29	97,23
	II	164,37	70,41	49,28	82,18
Februari	I	122,50	84,01	58,81	61,25
	II	165,17	131,51	92,05	82,58
Maret	I	136,77	95,68	66,98	68,38
	II	87,30	31,25	21,88	43,65
April	I	56,73	16,93	11,85	28,37
	II	12,33	0,13	0,09	6,17
Mei	I	23,67	0,00	0,00	11,83
	II	5,80	0,00	0,00	2,90
Juni	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,67	0,00	0,00	0,33
Juli	I	0,00	0,00	0,00	0,00

	II	0,00	0,00	0,00	0,00
Agustus	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
September	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktober	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,33	0,00	0,00	0,17
November	I	14,77	0,00	0,00	7,38
	II	70,93	41,87	29,31	35,47
Desember	I	123,33	103,06	72,14	61,67
	II	135,87	104,29	73,00	67,93

Tabel 3Debit AndalanTahunNormal dan TahunKering

Bulan	Periode	Tahun Normal (Q ₅₀)	TahunKering (Q ₈₀)
Jan	I	2,65	0,33
	II	2,02	0,51
Feb	I	1,82	0,31
	II	3,80	1,87
Mar	I	2,34	1,14
	II	1,05	0,46
Apr	I	0,67	0,29
	II	0,40	0,18
May	I	0,24	0,11
	II	0,15	0,08
Jun	I	0,09	0,04
	II	0,06	0,02
Jul	I	0,03	0,01
	II	0,02	0,01
Aug	I	0,01	0,01
	II	0,01	0,00
Sep	I	0,00	0,00
	II	0,00	0,00
Oct	I	0,00	0,00
	II	0,00	0,00
Nov	I	0,00	0,00
	II	0,00	0,00
Dec	I	0,78	0,01
	II	1,05	0,13

Tabel 4Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Kebutuhan Air	
		ltr/dtk/ha	(m ³ /dtk)
Jan	I	1,46	1,93
	II	1,33	1,77
Feb	I	1,09	1,44
	II	0,50	0,67
Mar	I	0,80	1,06
	II	1,00	1,32
Apr	I	0,91	1,20
	II	1,84	2,44
May	I	1,88	2,49
	II	2,01	2,66

Jun	I	1,78	2,36
	II	1,73	2,29
Jul	I	1,82	2,41
	II	1,76	2,33
Aug	I	1,54	2,04
	II	1,26	1,67
Bulan	Periode	Kebutuhan Air	
		ltr/dtk/ha	(m ³ /dtk)
Sep	I	0,82	1,09
	II	0,90	1,19
Oct	I	1,13	1,49
	II	1,43	1,89
Nov	I	1,55	2,05
	II	1,21	1,60
Dec	I	0,76	2,00
	II	0,75	1,97

Simulasi Pola Operasi

Simulasi Pola Operasi waduk Raknamo merupakan simulasi waduk tunggal, sehingga input dan outputnyadipakai untuk satu waduk saja. Adapun hasil dari perhitungan simulasi pola operasi Waduk Raknamo adalah sebagai berikut :

- 1) Pola operasi dengan debit andalan 50% diperoleh luas daerah irigasi sebesar 848,90 ha untuk musim tanam I, 224,30 ha untuk musim tanam II dan 232,60 ha untuk musim tanam III.
- 2) Pola operasi dengan debit andalan 80% diperoleh luas daerah irigasi sebesar 237,10 ha untuk musim tanam I dan 52,60 ha untuk musim tanam II dan III.

5. KESIMPULAN

Setelah melalui analisis dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pola operasi Waduk Raknamo menggunakan pola simulasi waduk tunggal dengan input dan output hanya digunakan untuk satu waduk
- 2) Dari hasil simulasi untuk beberapa debit andal, kebutuhan air baku penduduk selalu terpenuhi pada setiap debit andal karena merupakan kebutuhan yang penting.
- 3) Luas lahan pertanian yang dapat diairi pada debit andalan 50% (Q_{50}) adalah sebesar 848,90 ha untuk musim tanam pertama, 224,30 ha untuk musim tanam kedua dan 232,60 ha untuk musim tanam ketiga. Untuk debit andalan 80% (Q_{80}) luas lahan pertanian yang dapat diairi adalah sebesar 237,10 ha untuk musim tanam pertama, 52,60 ha untuk musim tanam kedua dan ketiga.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Ginting, Segel. (2016). *Rainfall Runoff*. Bandung: Puser Litbang SDA
- Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah No.37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Sekretariat Negara. Jakarta
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. (1980). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Standar Perencanaan Irigasi.(2010), Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01.
- Sugawara, M. (1967). "The flood forecasting by a series storage type model. Int. Symposium Floods and their Computation". *International Association of Hydrologic Sciences*, 1-6.
- Yosananto, Yedida dan Ratnayanti, Rini. (2013). *Studi Simulasi Pola Operasi Waduk Untuk Air Baku Dan Air Irigasi Pada Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret (UNS)