

Analisa Keandalan Tampungungan Waduk di Embung Tambak Pocuk Bangkalan

Lily Montarcih Limantara

Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145, E-mail: lilymont2001@gmail.com

Whima Regianto Putra

Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145, E-mail: tsa_ub@ub.ac.id

Abstrak

Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan standar kebutuhan air di wilayah administratif yang akan dilayani. Untuk mengestimasi ketersediaan air dalam studi ini digunakan analisa debit Model NRECA dan F.J Mock. Untuk keperluan analisa keandalan tampungan, berdasarkan data debit hasil simulasi F.J Mock dan NRECA selama 20 tahun, dilakukan perpanjangan data debit dengan menggunakan metode Thomas-Fiering. Hasil simulasi keandalan embung dengan melakukan proses simulasi tiap data debit hasil bangkitan sepanjang 20 tahun dengan masa proyeksi selama 20 tahun dengan asumsi tidak ada perubahan parameter DAS, terdapat indikasi bahwa data debit untuk NRECA mengalami kegagalan pada debit tahun 2004, terjadi peluang keandalan 100% pada tahun 2007, dan 25% pada tahun 2026. Sedangkan untuk data debit hasil dari F.J Mock, peluang keandalan 100% terjadi pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2026 untuk semua simulasi data debit. Dikarenakan tidak adanya data debit di lapangan, maka pemilihan data debit dilakukan dengan mengambil Q_{min} untuk masing-masing data debit. Dari 2 metode tsb didapatkan untuk Q_{min} hasil dari F.J Mock embung memiliki tingkat keandalan 100% pada tahun 2007 sampai dengan 2026, sedangkan untuk Q_{min} NRECA embung hanya mampu melayani seluruh penduduk (100%) pada tahun 2007, sedangkan untuk tahun-tahun berikutnya mengalami penurunan hingga 25% pada tahun 2026.

Kata-kata Kunci: NRECA, F.J Mock, Keandalan tampungan.

Abstract

Domestic water demand is analyzed based on the number of population and the standard of water demand in served administrative region. To estimate the water supply, this study used the models of NRECA and F.J. Mock. For analyzing reservoir reliability based on the simulation discharge result of F.J. Mock and NRECA during 20 years there was needed discharge data generated by using Thomas Fiering method. Simulation result of small-dam reliability by carrying out the simulation process every discharge data of generated result along 20 years with the projection during 20 years indicated that discharge result of NRECA was failure in 2004 and it assumes that there is no parameter change in catchment, it had the possibility of reliability on 100% in 2007 and 25% in 2026. However, discharge result of F.J. Mock had the possibility of reliability on 100% and it was happened in 2007, and 25% in 2026 for the whole simulation of discharge. There was no discharge data in study location, so minimum discharge was the optional one. Based on the two methods, the Q_{min} of F.J. Mock has the reliability level of 100% in 2007 until 2026. However Q_{min} of NRECA has only the ability to serve the whole population (100%) in 2007 but for the next years there was decreasing until 25% in 2026.

Keywords: NRECA, F.J. Mock, Reservoir reliability.

1. Pendahuluan

Kondisi geografis Kabupaten Bangkalan yang dekat dengan laut menyebabkan kondisi daerah tersebut berstruktur bebatuan, namun ada juga yang tanah liat (Disperindag Bangkalan, 2009). Dengan kondisi semacam itu membuat air hujan yang jatuh di wilayah ini dengan cepat mengalir ke bawah dan susah menahan atau memperpanjang waktu pengaliran air agar dapat tertampung dalam tanah. Jika musim kemarau tiba, mata air di daerah itu mati (Radar Madura 11

September 2008).

Perencanaan tampungan embung sepenuhnya bergantung pada ketersediaan dan kebutuhan air yang direncanakan, selain kondisi topografi dan sosial di daerah sekitar lokasi sebagai pertimbangan (Muliakusuma, 1981). Ketersediaan air yang dimaksudkan adalah kemampuan sungai untuk menyediakan suatu nilai debit secara kuantitatif sepanjang tahun, baik pada musim kemarau ataupun musim penghujan

(Asdak, 2004), agar bisa mencukupi jumlah kebutuhan *outflow* yang direncanakan. Sedangkan kebutuhan air dari seluruh debit *outflow* yang direncanakan akan terjadi pada waktu embung beroperasi, dengan komponen utama adalah guna pemenuhan tujuan dibangunnya embung. Dalam hal ini adalah pemenuhan kebutuhan air baku bagi masyarakat desa Tambak Pocok.

Studi ini bertujuan untuk menganalisa peluang keandalan tampungang embung Tambak Pocok untuk memenuhi kebutuhan air baku yang direncanakan selama 20 tahun mendatang dengan asumsi tidak ada perubahan parameter DAS.

2. Data dan Metode

Obyek studi terletak di Kabupaten Bangkalan, Propinsi Jawa Timur. Secara geografis, wilayah ini terletak pada 6° 51' 39" – 7° 50' 39" Lintang Selatan serta 112° 40' 06" – 113° 08' 04" Bujur Timur. Wilayah Kabupaten Bangkalan memiliki luas total ± 1.260,14 km² yang terdiri dari 18 kecamatan. Lokasi studi seperti pada **Gambar 1**.

Secara umum data teknis dari konstruksi embung Tambak Pocok adalah sebagai berikut :

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Tipe Embung | : Urugan Homogen |
| Elevasi puncak pelimpah | : + 73,00 m |
| Elevasi dasar sungai | : + 65,00 m |
| Panjang puncak embung | : 80,64 m |
| Tinggi embung | : 8 m |
| Luas DPS | : 1,77 km ² |
| EL. M.A. Maksimum (HWL) | : + 72,19 m |
| EL. M.A. Normal (NWL) | : + 71,50 m |
| EL. M.A. Minimum (LWL) | : + 66,00 m |
| Luas Genangan | : 25924,27 m ² |

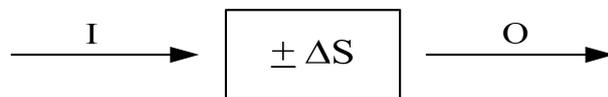
- Kapasitas Tampungang Efektif : 72968,58 m³
- Kapasitas Tampungang Mati : 2233,38 m³
- Kapasitas Tampungang Total : 75201,96 m³

Langkah-langkah pengerjaan studi ini adalah sebagai berikut:

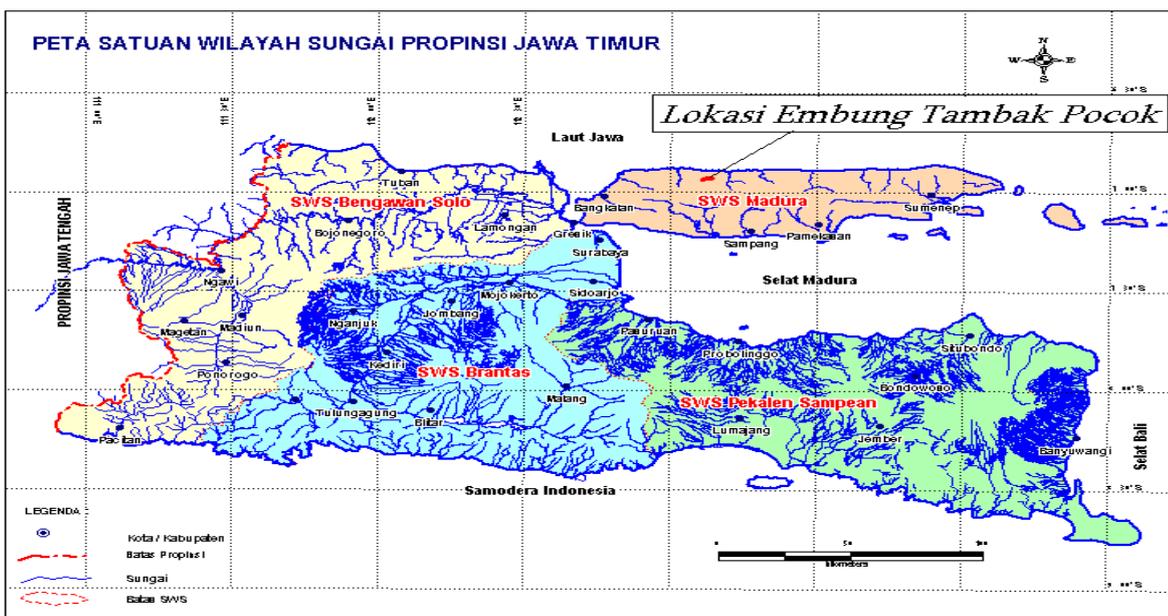
1. Analisa data hujan dengan menghitung curah hujan rerata bulanan.
2. Menghitung Evapotranspirasi Potensial dengan menggunakan metode Penmann modifikasi standar FAO.
3. Menghitung parameter NRECA dan F.J Mock sesuai data karakteristik DAS.
4. Menghitung ketersediaan air (debit sungai dengan menggunakan metode NRECA dan F.J. Mock).
5. Melakukan pembangkitan data debit hasil dari F.J Mock dan NRECA selama 9 tahun dengan metode Thomas-Fiering (Mc. Mahon, 1978).
6. Menghitung kebutuhan air baku.
7. Menghitung simulasi tampungang embung.
8. Menghitung tingkat keandalan embung untuk operasional sesuai masa proyeksi.

2.1 Konsep dasar neraca air

Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu. Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan :



Gambar 2. Konsep dasar neraca air
Sumber: Sri Harto Br. (1993;16)



Gambar 1. Lokasi rencana embung tambak pocok

Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan :

$$I = O \pm \Delta S \quad (1)$$

dengan

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

Neraca air merupakan hubungan antara masukan air total dan keluaran air total yang terjadi pada suatu DAS yang di dalamnya terkandung komponen-komponen seperti debit aliran sungai, curah hujan, evapotranspirasi, perkolasi, kelembaban tanah, dan periode waktu (Linsley, 1989 dan Sudjarwadi, 1989). Teknik neraca air sebagai salah satu subjek utama dalam hidrologi, merupakan suatu cara untuk mendapatkan jawaban penting atas permasalahan praktis hidrologi, yaitu dalam hal evaluasi secara kuantitatif sumberdaya air wilayah, serta perubahan akibat intervensi kegiatan manusia. Informasi neraca air lahan dan waduk untuk suatu selang waktu tertentu diperlukan untuk operasional pengelolaan air waduk dan untuk tujuan prakiraan hidrologi dalam pengelolaan air pada umumnya. Perhitungan neraca air wilayah juga penting untuk perbandingan potensi sumberdaya air suatu wilayah dengan wilayah lainnya.

2.2 Debit aliran metode NRECA

Model NRECA (*National Rural Electric Cooperative Association*) dikembangkan oleh Norman H. Crawford (USA) pada tahun 1985, merupakan penyederhanaan dari Stanford Watershed Model IV (SWM). Pada model SWM terdapat 34 parameter sedangkan NRECA hanya menggunakan 5 parameter. Model ini dapat digunakan untuk menghitung debit bulanan dari hujan bulanan berdasarkan keseimbangan air di DAS. Persamaan keseimbangan tersebut adalah sebagai berikut: Hujan - Evapotranspirasi aktual + Perubahan tampungan = Limpasan.

Model NRECA membagi aliran bulanan menjadi dua, yaitu limpasan langsung (limpasan permukaan dan bawah permukaan) dan aliran dasar. Tampungan juga dibagi dua yaitu tampungan kelengasan (*moisture storage*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*). Sisa dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan bersama aliran dasar bergerak masuk menuju alur sungai. Aliran total yang ada kemudian dikalikan dengan luas DAS. Hasil dari perkalian tersebut merupakan keluaran (*output*) dari model NRECA yang berupa debit aliran sungai sesuai periode rencana (Badan Litbang Departemen PU, 1994). Total debit aliran sungai dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = (GF + DRF) \times A \quad (2)$$

dengan:

- A = luas DAS (km²)
- DRF = limpasan langsung (mm)
= excm (1-PSUB), dengan Exc. = kelebihan kelengasan
- Exc. = exrat x (P-AET)
- GF = limpasan air tanah (mm)
= GWF x (PSUB x Exc. = GWS)
- exrat = rasio kelebihan kelengasan
= 0,5 x (1 + ((Sr-1)/0,52)), bila Sr > 0
= 0, bila Sr < 0
- Sr = angka tampungan
= SMS /NOM
- SMS = tampungan kelengasan tanah NOM
= kapasitas tampungan kelengasan
= 100 + 0,2 x Ra, Ra = hujan rerata tahunan (mm)
- P = Hujan bulanan (mm)
- CROPF = faktor penguapan peluh
- KI = (P/PET) x (1 -0,5 Sr) + 0,5 Sr
- AET = evapotraspirasi aktual
= CROPF x PET, bila P/PET > 1 atau Sr >2
= (kl x PET) x CROPF, bila P/PET < 1 atau Sr < 2

2.3 Simulasi Mock

Dr. F.J. Mock (1973) memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran yang meliputi data hujan, evaporasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Kriteria perhitungan dan asumsi yang digunakan dalam analisa ini adalah sebagai berikut (Mock, 1973; Sri Harto, 1993; dan Montarcih, 2010).

2.3.1 Evapotranspirasi aktual (Ea)/ Evapotranspirasi terbatas (Et)

Evapotranspirasi aktual dihitung dari Evaporasi potensial metode Penman (ETo). Hubungan antara Evaporasi potensial dengan Evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus (Sosrodarsono dan Takeda, 1987; Soemarto, 1986; dan Suhardjono, 1996).

$$Ea = ETo - \Delta E \rightarrow (Ea = Et) \quad (3)$$

$$\Delta E = ETo \times (m/20) \times (18 - n) \rightarrow (E = \Delta E) \quad (4)$$

Ea = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)

Et = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

ETo = Evaporasi Potensial metode Penman (mm/hari)

- m = prosentase lahan yang tidak tertutup tanaman, ditaksir dari peta tata guna lahan
= 0 untuk lahan dengan hutan lebat
= 0 untuk lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10 % setiap bulan kering berikutnya.
= 10 - 40 % untuk lahan yang tererosi
= 30 - 50 % untuk lahan pertanian yang diolah (misal : sawah, ladang)
- n = jumlah hari hujan dalam sebulan

2.3.2 Keseimbangan air di permukaan tanah

- a. Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sbb.:

$$D_s = P - E_t \tag{5}$$

dengan

D_s = Air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm/hari)

P = Curah hujan (mm/hari)

E_t = evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

Bila harga D_s positif ($P > E_t$) maka air akan masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi, dan sebaliknya akan melimpas bila kondisi tanah jenuh. Bila harga D_s negatif ($P < E_t$), sebagian air tanah akan keluar dan terjadi kekurangan (*defisit*). P = curah hujan.

- b. Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*) tergantung dari harga D_s . Bila harga D_s negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembaban tanah bulan sebelumnya.
- c. Kapasitas Kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*)

Perkiraan kapasitas kelembaban tanah awal diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m³. Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan makin besar pula.

Jika pemakaian model dimulai bulan Januari, yaitu pertengahan musim hujan, maka tanah dapat dianggap berada pada kapasitas lapangan (*field capacity*). Sedangkan jika model dimulai dalam musim kemarau, akan terdapat kekurangan, dan kelembaban tanah awal yang mestinya di bawah kapasitas lapangan.

2.3.3 Limpasan dan penyimpanan air tanah (*run off & groundwater storage*)

- a. Koefisien Infiltrasi (i)

Koefisien infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang porous misalnya pasir halus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibandingkan tanah lempung berat. Lahan yang terjal di mana air tidak sempat infiltrasi kedalam tanah maka koefisien infiltrasi akan kecil. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.0.

- b. Penyimpanan air tanah (*groundwater storage*)

Pada permulaan simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*) yang besarnya

tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Sebagai contoh: dalam daerah pengaliran kecil yang mana kondisi geologi lapisan bawah adalah tidak tembus air dan mungkin tidak ada air di sungai pada musim kemarau, maka penyimpanan air tanah menjadi nol.

Rumus-rumus yang digunakan :

$$V_n = k \cdot V_{n-1} + \frac{1}{2} (1 + k) \cdot I_n \tag{6}$$

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \tag{7}$$

dengan :

V_n = volume air tanah bulan ke n

V_{n-1} = volume air tanah bulan ke ($n - 1$)

k = qt/q_0 = faktor resesi aliran air tanah (*catchment area recession factor*)

qt = aliran air tanah pada waktu t (bulan ke t)

q_0 = aliran air tanah pada awal (bulan ke 0)

I_n = Infiltrasi bulan ke n

DV_{n-1} = perubahan volume aliran air tanah

Faktor resesi air tanah (k) adalah 0 – 1.0. Harga k yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat seperti pada kondisi geologi lapisan bawah yang sangat lulus air (*permeable*).

- c. Limpasan (*Run off*)

Aliran dasar : infiltrasi dikurangi perubahan volume aliran air dalam tanah

Limpasan langsung : kelebihan air (*water surplus*) – infiltrasi

Limpasan : aliran dasar + limpasan langsung

Debit andalan : aliran sungai dinyatakan dalam m³/bulan.

2.4 Metode Thomas-Fiering

Untuk membangkitkan data debit atau data hujan dapat digunakan model *Thomas-Fiering*. (Mc. Mahon, 1978). Model ini menganggap bahwa setahun terbagi menjadi dua musim atau terdiri dari 12 bulan. Dianggap bahwa data aliran adalah $x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,12}, x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{n,12}$; contoh indeks pertama menyatakan tahun dimana aliran terjadi dan kedua berjalan secara siklus dari 1 ke 12.

Prosedur perhitungan metode *Thomas-Fiering* adalah sebagai berikut (Sudjarwadi, 1989:146-150):

1. Perhitungan aliran rata-rata untuk tiap bulannya.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{i,b} \tag{8}$$

dengan:

\bar{X} = debit atau hujan rata-rata

n = jumlah tahun

$X_{i,b}$ = data debit atau hujan pada tahun ke- i dan bulan ke- b

2. Perhitungan standard deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (9)$$

3. Perhitungan koefisien korelasi natar aliran dalam waktu I dan waktu i-1

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,b} \cdot X_{i,b-1} - n \cdot \bar{X}_b \cdot \bar{X}_{b-1}}{Sd_b \cdot Sd_{b-1} \cdot (n - 1)} \quad (10)$$

Persamaan aliran sintetis :

$$q_{i,b} = \bar{X}_b + \frac{r_b \cdot Sd_b}{Sd_{b-1}} (q_{b-1} - \bar{X}_{b-1}) + t_{i,b} \cdot Sd_b \sqrt{(1 - r_b^2)} \quad (11)$$

dengan :

- $q_{i,b}$ = debit atau hujan hasil pembangkitan untuk bulan b dan tahun ke-i
- X_b, X_{b-1} = rerata debit atau hujan pada bulan b
- r_b, r_{b-1} = korelasi untuk bulan b dan bulan b-1
- Sd_b, Sd_{b-1} = standard deviasi bulan b dan bulan b-1
- $t_{i,b}$ = bilangan random bulan b
- $q_{i,b-1}$ = debit atau hujan pada tahun ke-i dan bulan b

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Simulasi keseimbangan tampungan embung

Simulasi keseimbangan tampungan mencakup 1 tahun operasi atau lebih. Dalam proses simulasi pola operasi dibagi menjadi sejumlah periode mulai dari periode bulanan, 15 harian, 10 harian. Periode pola operasi yang akan digunakan dalam perhitungan simulasi keseimbangan tampungan adalah pola operasi bulanan. Dilakukannya simulasi keseimbangan tampungan adalah sebagai salah satu titik tolak evaluasi kecukupan air yang ada di dalam kapasitas tampungan embung Tambak Pocok. Dalam penelitian ini skenario simulasi keseimbangan data debit yang sudah dibangkitkan selama 20 tahun dilakukan proses simulasi keseimbangan satu persatu terhadap perubahan kebutuhan air baku selama masa proyeksi 20 tahun terhadap 2 data debit yaitu debit hasil NRECA dan debit hasil F.J Mock. Dalam awal proses simulasi tampungan embung Tambak Pocok dianggap penuh dengan kapasitas tampungan efektif sebesar 72968,58 m³ dan kapasitas tampungan mati sebesar 2233,38 m³.

3.2 Simulasi keandalan tampungan embung

Suatu embung dapat dikatakan andal apabila embung tersebut mampu menjamin kebutuhan minimum yang diperlukan. Dalam simulasi keandalan tampungan embung nantinya akan dilihat apakah kondisi kapasitas tampungan embung yang tersedia memenuhi berbagai

keperluan yang telah direncanakan sepanjang tahun, dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Analisa keandalan didapatkan dari pola operasi embung tiap bulan apakah mengalami kegagalan atau sukses beroperasi memenuhi kebutuhan yang telah direncanakan dalam perhitungan hasil simulasi tampungan embung. Peluang kegagalan dan keandalan dapat dihitung dengan formula probabilitas.

Perubahan kapasitas tampungan akhir embung untuk proses simulasi tiap tahunnya saling memiliki keterkaitan. Contoh tampungan akhir embung untuk bulan Desember tahun 2007 akan mengisi tampungan embung awal tahun 2008 di bulan Januari, begitu juga seterusnya hingga akhir masa simulasi selama 20 tahun. Kapasitas tampungan awal akan sangat berpengaruh untuk proses simulasi tampungan embung apakah mengalami proses sukses atau gagal beroperasi. Dari hasil rekapitulasi simulasi selama 20 tahun untuk data debit metode F.J Mock mampu memenuhi tampungan embung untuk proses operasi sebesar 100%. Sedangkan untuk simulasi berdasarkan metode NRECA terjadi kegagalan operasi selama simulasi untuk semua simulasi dengan data debit NRECA tahun 2004, pada awal operasi tampungan embung memenuhi pola operasi sebesar 100% mulai tahun 2007-2008 dan tahun berikutnya mengalami penurunan hingga 42% di tahun 2026.

Pada penelitian ini dikarenakan tidak adanya data debit pengukuran lapangan maka pada 2 data debit yaitu NRECA dan F.J Mock dicari nilai Qminimum dan dilakukan proses simulasi tampungan embung. Pada Qminimum debit F.J Mock dilakukan simulasi keseimbangan tampungan mengalami proses operasi sebesar 100% tetapi tidak pada Qminimum debit NRECA pola operasi tampungan embung mengalami proses 100% pada awal operasi dan mengalami penurunan sampai 25% pada tahun 2026. Pemilihan pengambilan debit Qmin untuk pola operasi dikarenakan peluang Qmin lebih sering terjadi mengingat kondisi iklim dan keadaan geologi daerah Tambak Pocok pada saat musim kemarau mengalami kekeringan. Penggunaan model NRECA untuk proses secara kontinyu tidak dapat begitu memuaskan hal tersebut kemungkinan jumlah parameter yang ada kurang memadai mengingat struktur modelnya pada tampungan kelengasan tanah (*soil moisture zone*), sangat dipengaruhi oleh musim (*seasonal*), sehingga untuk model yang kontinyu penggunaan nominal rata-rata sulit untuk mendapatkan debit simulasi yang optimal mengingat parameter ini juga dipengaruhi oleh keadaan hujan selama satu tahunnya. Sedangkan pada penggunaan model F. J Mock untuk mencari nilai tampunagn kelengasan tanah (*soil mositure zone*) sangat bergantung pada luas singkapan lahan (tata guna lahan) dan juga keadaan hujan.

Tabel 1. Pemanfaatan debit Q_{50%}

| No | Tahun | Debit NRECA | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 627386,18 | 63.598 | 2904 | 563.789 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 29,80 |
| 2 | 2011 | 627386,18 | 69.051 | 3153 | 558.335 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 29,51 |
| 3 | 2016 | 627386,18 | 76.541 | 3495 | 550.846 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 29,12 |
| 4 | 2021 | 627386,18 | 84.841 | 3874 | 542.546 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 28,68 |
| 5 | 2026 | 627386,18 | 94.039 | 4294 | 533.348 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 28,19 |

| No | Tahun | Debit F.J. Mock | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 1023216,77 | 63.598 | 2904 | 959.619 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 50,72 |
| 2 | 2011 | 1023216,77 | 69.051 | 3153 | 954.166 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 50,43 |
| 3 | 2016 | 1023216,77 | 76.541 | 3495 | 946.676 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 50,04 |
| 4 | 2021 | 1023216,77 | 84.841 | 3874 | 938.376 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 49,60 |
| 5 | 2026 | 1023216,77 | 94.039 | 4294 | 929.178 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 49,11 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2. Pemanfaatan debit Q_{70%}

| No | Tahun | Debit NRECA | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 277294,26 | 63.598 | 2904 | 213.697 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 11,30 |
| 2 | 2011 | 277294,26 | 69.051 | 3153 | 208.244 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 11,01 |
| 3 | 2016 | 277294,26 | 76.541 | 3495 | 200.754 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 10,61 |
| 4 | 2021 | 277294,26 | 84.841 | 3874 | 192.454 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 10,18 |
| 5 | 2026 | 277294,26 | 94.039 | 4294 | 183.256 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 9,69 |

| No | Tahun | Debit F.J. Mock | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 657667,54 | 63.598 | 2904 | 594.070 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 31,40 |
| 2 | 2011 | 657667,54 | 69.051 | 3153 | 588.617 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 31,11 |
| 3 | 2016 | 657667,54 | 76.541 | 3495 | 581.127 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 30,72 |
| 4 | 2021 | 657667,54 | 84.841 | 3874 | 572.827 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 30,28 |
| 5 | 2026 | 657667,54 | 94.039 | 4294 | 563.629 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 29,79 |

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 3. Pemanfaatan debit Q_{80%}

| No | Tahun | Debit NRECA | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 118253,57 | 63.598 | 2904 | 54.656 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 2,89 |
| 2 | 2011 | 118253,57 | 69.051 | 3153 | 49.203 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 2,61 |
| 3 | 2016 | 118253,57 | 76.541 | 3495 | 41.713 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 2,21 |
| 4 | 2021 | 118253,57 | 84.841 | 3874 | 33.413 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 1,77 |
| 5 | 2026 | 118253,57 | 94.039 | 4294 | 24.215 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 1,28 |

| No | Tahun | Debit F.J. Mock | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampungannya (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 468726,83 | 63.598 | 2904 | 405.129 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 21,42 |
| 2 | 2011 | 468726,83 | 69.051 | 3153 | 399.676 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 21,13 |
| 3 | 2016 | 468726,83 | 76.541 | 3495 | 392.186 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 20,73 |
| 4 | 2021 | 468726,83 | 84.841 | 3874 | 383.886 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 20,29 |
| 5 | 2026 | 468726,83 | 94.039 | 4294 | 374.688 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 19,81 |

Tabel 4. Pemanfaatan debit Q90%

| No | Tahun | Debit NRECA | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampunguan (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 61848,07 | 63.598 | 2825 | -1.750 | Defisit | 97,28 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 2011 | 61848,07 | 69.051 | 2825 | -7.203 | Defisit | 89,60 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 2016 | 61848,07 | 76.541 | 2825 | -14.692 | Defisit | 80,83 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 2021 | 61848,07 | 84.841 | 2825 | -22.993 | Defisit | 72,92 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 2026 | 61848,07 | 94.039 | 2825 | -32.191 | Defisit | 65,79 | 0,00 | 0,00 |

| No | Tahun | Debit F.J. Mock | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampunguan (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 232734,45 | 63.598 | 2904 | 169.137 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,94 |
| 2 | 2011 | 232734,45 | 69.051 | 3153 | 163.684 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,66 |
| 3 | 2016 | 232734,45 | 76.541 | 3495 | 156.194 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,26 |
| 4 | 2021 | 232734,45 | 84.841 | 3874 | 147.894 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 7,82 |
| 5 | 2026 | 232734,45 | 94.039 | 4294 | 138.696 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 7,34 |

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5. Pemanfaatan debit Qmin

| No | Tahun | Debit NRECA | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampunguan (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 61848,07 | 63.598 | 2825 | -1.750 | Defisit | 97,28 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 2011 | 61848,07 | 69.051 | 2825 | -7.203 | Defisit | 89,60 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 2016 | 61848,07 | 76.541 | 2825 | -14.692 | Defisit | 80,83 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 2021 | 61848,07 | 84.841 | 2825 | -22.993 | Defisit | 72,92 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 2026 | 61848,07 | 94.039 | 2825 | -32.191 | Defisit | 65,79 | 0,00 | 0,00 |

| No | Tahun | Debit F.J. Mock | | | | | | | |
|----|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------|---|---------------------------|
| | | Ketersediaan Air (m ³) | Kebutuhan Air Baku (m ³) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Selisih (m ³) | Keterangan | Peluang Keandalan Tampunguan (%) | Kebutuhan Air Irigasi (m ³) | Luas Lahan terlayani (ha) |
| 1 | 2007 | 232734,45 | 63.598 | 2904 | 169.137 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,94 |
| 2 | 2011 | 232734,45 | 69.051 | 3153 | 163.684 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,66 |
| 3 | 2016 | 232734,45 | 76.541 | 3495 | 156.194 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 8,26 |
| 4 | 2021 | 232734,45 | 84.841 | 3874 | 147.894 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 7,82 |
| 5 | 2026 | 232734,45 | 94.039 | 4294 | 138.696 | Surplus | 100,00 | 18921,60 | 7,34 |

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil rekapan simulasi bahwa masih terjadi *surplus* air embung di saat bulan basah maka kelebihan tersebut dapat digunakan untuk mengairi lahan tegalan yang ditanami dengan tanaman jagung. Pemenuhan kebutuhan air untuk tanaman jagung diambil sebesar 0,6 lt/dt/ha (asumsi berdasarkan pada hasil pola tata tanam pada eksiting embung mandirada sumenep dalam Efendi (2005). Dengan demikian dibuat hasil perhitungan surplus air dengan menggunakan kondisi debit debit Q_{50%}, Q_{70%}, Q_{80%}, Q_{90%}, Q_{min}. Untuk kelebihan air pada debit Q_{50%} kemampuan lahan yang dapat dipenuhi untuk masing-masing 2 data debit yaitu NRECA dan F.J Mock yaitu

28 ha dan 49 ha. Untuk debit Q_{70%} lahan yang dapat diairi sebesar 9 ha untuk NRECA dan 29 ha untuk F.J Mock. Untuk debit Q_{80%} kemampuan luas lahan yang dapat diairi sebesar 1,3 ha untuk NRECA dan 19 ha. Untuk debit Q_{90%} kemampuan luas lahan yang dapat diairi sebesar 0 ha untuk NRECA dan 7ha untuk F.J Mock. Pada kelebihan air Q_{min} didapatkan kemampuan luas lahan yang dapat diairi untuk NRECA sebesar 0 ha dan 2,7 ha untuk debit F.J Mock. Hasil rekapan perhitungan akan ditampilkan pada **Tabel 1 sd 5** masing-masing untuk debit dengan keandalan 50%, 70%, 80%, 90%, dan Q_{min}.

4. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah serta perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan pada bagian hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil perhitungan analisa keandalan tampungam dengan menggunakan simulasi operasional tampungam, Embung Tambak Pocok masih dapat memenuhi kebutuhan air desa Tambak Pocok sampai dengan tahun 2026 sebesar pada kondisi debit $Q_{50\%}$, $Q_{70\%}$, $Q_{80\%}$, $Q_{90\%}$, Q_{min} untuk metode F.J Mock dengan peluang keandalan 100%. Namun untuk penggunaan metode NRECA pemenuhan kebutuhan hanya bisa terpenuhi 100% dengan debit $Q_{50\%}$, $Q_{70\%}$, $Q_{80\%}$, untuk debit $Q_{90\%}$, Q_{min} perlu adanya pemenuhan kebutuhan air baku dari sumber yang lain. Pemenuhan kebutuhan air baku yang diambil memiliki peluang 100% dan peluang keandalan tampungam 100% pula, maka nilai resiko untuk terjadinya debit yang masuk pada tampungam embung memiliki resiko yang kecil dengan nilai debit yang kecil pula.
- 2) Berdasarkan hasil perhitungan, nilai surplus air masih cukup. Surplus air tersebut sangat potensial untuk dimanfaatkan baik untuk kebutuhan domestik maupun kebutuhan untuk tegalan. Namun pada nilai tingkat pemenuhan kebutuhan air masih belum maksimal terpenuhi terutama untuk kondisi debit air rendah dan kondisi debit air musim kering dengan metode NRECA.

Daftar Pustaka

- Asdak, C., 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum 1994, *Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi kering di Indonesia*. Bandung: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Disperindag Bangkalan, 2009, *Peta Jenis Tanah, Geologi, Tata Guna Lahan, Curah Hujan*. www.disperindag-bgkln.go.id. (Diakses 22 Januari 2009, 12:52).
- Efendi, A., 2005, *Analisa Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi dan Air Baku pada Embung Mandirada di Kabupaten Sumenep Madura*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Linsley, JR.R K., Kohler, M.A., Paulus, J.L.H., 1989, *Hidrologi untuk Insinyur*, Edisi 3. Terjemahan Yandi Hermawan. Jakarta: Erlangga.
- Mc, Mahon and Mein, 1978, *Reservoir and Capacity Yield*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Mock, F.J., 1973, *Land Capability Apraisal Indonesia Water Availablity Apraisal*. Bogor.
- Montarcih, L., 2010, *Hidrologi Praktis*. Bandung: CV Lubuk Agung.
- Muliakusuma, S., 1981, *Dasar-Dasar Demografi*. Jakarta: Lembaga Demografi Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Radar Madura, 2008, *Sumber Mata Air Mengalami Kekeringan*. www.radarmaduranews.com (Diakses 11 September 2008, 16:42).
- Sudjarwadi, 1989, *Operasi Waduk*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Soemarto, C.D., 1986, *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K., 1987, *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Penerbit Pradnya Paramita.
- Sri Harto, B.R., 1993, *Model Hidrologi – Mock*. Yogyakarta: PAU – UGM.
- Suhardjono. 1996, *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang : Penerbit Institut Teknologi Nasional Malang.