



## Optimasi operasi waduk Temburun di Kabupaten Kepulauan Anambas untuk pemenuhan kebutuhan air baku

Febriyani<sup>a,\*</sup>, Endro Prasetyo Wahono<sup>b</sup>, Dyah Indriana Kusumastuti<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>c</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

### HIGHLIGHTS

- Optimalisasi operasi waduk memiliki banyak kendala yang bersifat dinamis dan cukup kompleks dalam sebuah sistem operasional waduk.
- Pengelolaan operasional waduk sangat kompleks, membutuhkan pertimbangan hidrologis, aspek hidrolik, lingkungan dan ekonomi.

### INFO ARTIKEL

*Riwayat artikel:*

Diterima 25 Oktober 2020

Diterima setelah diperbaiki 12 Februari 2021

Diterima untuk diterbitkan 20 Mei 2021

Tersedia secara *online* 1 Agustus 2021

*Kata kunci:*

Debit andalan, kebutuhan air baku, optimalisasi operasional waduk, waduk Temburun.

### ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah menganalisis simulasi dan optimasi operasi waduk Temburun dalam memenuhi kebutuhan air bersih. Penelitian dibagi tiga tahapan utama, yaitu tahap menentukan kapasitas waduk, tahap menentukan debit andalan (*inflow*) dan tahap memproyeksikan jumlah kebutuhan air baku (*outflow*). Kemudian dilakukan tahap simulasi dan optimasi waduk dalam dua skenario, optimasi kriteria 1 dan optimasi kriteria 2. Untuk menentukan kapasitas waduk, diperlukan data topografi, peta daerah aliran sungai (DAS), data luas genangan dan volume waduk. Kemudian, untuk mendapatkan data *inflow*, data yang diperlukan adalah data curah hujan, data klimatologi dan data debit aliran, yang kemudian didapat debit andalan. Setelah itu, untuk mendapatkan data proyeksi *outflow*, diperlukan data jumlah penduduk dan data jumlah kapal, yang kemudian dilakukan proyeksi sampai tahun 2038. Untuk tahap simulasi, ditetapkan debit andalan sebagai *inflow* dan kebutuhan air baku sebagai *outflow*. Hasil penelitian menunjukkan, untuk memenuhi kebutuhan air sebesar 100% selama lima tahun, pelepasan dilakukan setelah air dibiarkan terisi dalam debit *inflow* yang ada selama 12 periode (Januari 1 sampai Juni 2) di tahun pertama. Selanjutnya, untuk memenuhi 70% dari kebutuhan air baku pelayaran dan 85% kebutuhan air baku domestik dengan kapasitas tampungan waduk terisi 95% dari *inflow*, pelepasan dilakukan setelah air terisi selama 15 periode sejak Januari 1 hingga Agustus 1 di tahun pertama.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

### 1. Pendahuluan

Kabupaten Kepulauan Anambas merupakan pemekaran wilayah dari Kabupaten Natuna di Propinsi Kepulauan Riau [1], berada di antara Singapura dan Kepulauan Natuna. Salah satu infrastruktur yang sangat dibutuhkan oleh penduduk kepulauan tersebut adalah infrastruktur air bersih.

Ramadhan *dkk* [2] mengatakan permasalahan kebutuhan air terkait langsung dengan masalah ketersediaan air. Untuk itu, Marselina dan Sabar [3] menjelaskan bahwa pembangunan waduk merupakan salah satu alternatif dari sistem penyediaan air. Keberadaan waduk dapat membuat penggunaan sumber daya air untuk masyarakat menjadi lebih efisien sehingga pengoperasian waduk secara optimal

menjadi dianggap penting. Menurut Natalia [4] waduk mempunyai tugas untuk modifikasi dari distribusi air menurut alam, dan menciptakan distribusi air buatan.

Oleh sebab itu Wesli [5] mengatakan operasi pemanfaatan sumber daya air yang optimal merupakan aspek yang sangat penting dalam pendayagunaan sumberdaya air khususnya pada perencanaan operasi waduk. Samosir *dkk* [6] menjelaskan operasi waduk (*reservoir operation*) adalah penampungan aliran air sungai ke dalam sebuah waduk (*reservoir*) dan pelepasan air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu. Nuraeni [7] menyatakan tujuan dibangunnya sebuah waduk akan sangat berpengaruh dalam menentukan strategi pengoperasiannya. Kebijakan pola operasi dalam sistem sumberdaya air berfungsi untuk manajemen air dalam sistem. Kebijakan tersebut dikhususkan untuk menerima peraturan sistem pengaliran dan sistem kebutuhan dengan suatu cara optimasi dengan memaksimalkan tujuan operasi yang biasanya berkaitan erat dengan keuntungan.

\* Penulis koresponden.

Alamat e-mail: [febriyani\\_sofyan@yahoo.com](mailto:febriyani_sofyan@yahoo.com) (Febriyani)

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.35>

Saat ini, Kabupaten Kepulauan Anambas mengalami kesulitan dalam pemenuhan air bersih bagi penduduk yang bermukim di wilayah tersebut. Secara kualitas, sungai Arung Hijau dapat dijadikan sumber air baku dan secara teknis layak untuk ditindaklanjuti. Oleh sebab itu, untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kabupaten Pulau Anambas, perlu dilakukan studi untuk melihat potensi sumber air Arung Hijau menjadi sumber air baku pada waduk Temburun. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis simulasi dan optimasi operasi waduk Temburun dalam memenuhi kebutuhan air bersih.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu tahap menentukan kapasitas waduk, tahap menentukan debit andalan (*inflow*) dan tahap memproyeksikan jumlah kebutuhan air baku (*outflow*). Dari data yang didapat dari tiga tahap utama tersebut, kemudian dilakukan tahap simulasi dan optimasi waduk dalam dua skenario yaitu optimasi kriteria 1 dan optimasi kriteria 2.

Untuk menentukan kapasitas waduk, maka diperlukan data topografi, peta daerah aliran sungai (DAS), data luas genangan dan volume waduk yang kemudian dibuat grafik lengkung kapasitas waduk. Peta topografi digunakan untuk membuat peta daerah aliran sungai (DAS) Arung Hijau dengan menggunakan fitur *ArcMap* pada software *ArcGIS*. Setelah itu, dilakukan pengecekan area sehingga didapatkan luas DAS tersebut yang akan digunakan untuk menghitung debit aliran. DAS Arung Hijau dibagi menjadi dua sub DAS yaitu sub DAS utama seluas 5,266 km<sup>2</sup> dan sub DAS kanan seluas 2,239 km<sup>2</sup> sehingga total luas DAS adalah 7,505 km<sup>2</sup>.

Kemudian, untuk mendapatkan data *inflow*, maka data yang diperlukan adalah data curah hujan, data klimatologi dan data debit aliran, yang kemudian didapat debit andalan. Selain itu perlu juga data luas DAS yang diperoleh dari peta DAS seperti diuraikan di atas. Dalam penelitian ini, data curah hujan didapatkan dari stasiun meteorologi kelas III Tarempa untuk tahun 1998-2017, yang digunakan untuk mendapatkan besaran debit aliran sungai yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan debit andalan yang kemudian dijadikan *inflow* waduk sebagai ketersediaan air baku. Data curah hujan harian diperiksa validitasnya dan dianalisis untuk mendapatkan jumlah curah hujan bulanan dan setengah bulanan, jumlah hari hujan bulanan dan setengah bulanan, tinggi curah hujan minimum dan maksimum serta tinggi curah hujan rata-rata bulanan. Jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan setengah bulanan digunakan untuk menghitung debit aliran menggunakan metode *Mock*. Diperoleh data bahwa curah hujan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Desember 2013 sebesar 37,5 mm dan terendah pada bulan Februari 2014 sebesar 0,2 mm. Sedangkan curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2010 sebesar 3.115,7 mm dan terendah pada tahun 2015 sebesar 1.668,2 mm. Selanjutnya, data klimatologi yang didapatkan juga dari stasiun meteorologi kelas III Tarempa untuk tahun 1998-2017 untuk perhitungan evapotranspirasi potensial (*ET<sub>o</sub>*).

Setelah itu, untuk mendapatkan data proyeksi jumlah kebutuhan air baku (*outflow*), diperlukan data jumlah penduduk dan data jumlah kapal, yang kemudian dilakukan proyeksi jumlah penduduk dan jumlah kapal sampai tahun 2038. Data jumlah penduduk tahun 2016-2018 [8] digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk sampai tahun 2038 dan digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan air bersih domestik. Data jumlah penduduk yang

digunakan hanya untuk lima kecamatan yang direncanakan untuk dilayani yaitu Kecamatan Siantan Selatan, Kecamatan Siantan, Kecamatan Siantan Timur, Kecamatan Siantan Tengah dan Kecamatan Palmatak. Selanjutnya adalah data jumlah kapal motor [8] yang digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah kapal motor yang akan melakukan aktifitas penangkapan ikan di kepulauan tersebut dan selanjutnya akan digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan air bersih seluruh unit kapal. Lalu, data jumlah produksi ikan hasil tangkapan digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah kapal motor yang akan melakukan aktifitas penangkapan ikan, yang kemudian digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan air bersih untuk pencucian ikan.

Untuk tahap simulasi, ditetapkan debit andalan sebagai *inflow* dan kebutuhan air baku sebagai *outflow*. Kebutuhan air baku terdiri dari air baku domestik dan air baku konsumsi pelayaran. Tahap simulasi 1 dilakukan dengan menetapkan tinggi tampungan mati pada elevasi tertentu kemudian dilakukan *trial error* kapasitas tampungan efektif waduk sehingga didapatkan tinggi muka air yang sama pada awal dan akhir periode selama lima tahun masa simulasi. Selain itu ditetapkan hasil simulasi untuk kegagalan 20%. Tahap simulasi 2 dilakukan dengan menetapkan kapasitas efektif waduk sebesar 16.763.000 m<sup>3</sup>, dimana *normal water level* (NWL) di tahun pertama simulasi berada pada elevasi +60 m. Simulasi dilakukan selama lima tahun pada elevasi tampungan tertentu. Dengan menetapkan NWL pada kondisi maksimum +60 m, akan didapat tinggi muka air waduk di awal dan di akhir periode dan didapatkan hasil simulasi untuk kegagalan 20%. Langkah terakhir adalah melakukan optimasi waduk dengan menggunakan metode *Ripple*, dengan tujuan agar debit *inflow* yang telah dianalisis mampu memenuhi kebutuhan air baku domestik dan kebutuhan air baku pelayaran dengan pemenuhan kriteria 1 yaitu pelepasan 100% dan pemenuhan kriteria 2 yaitu pelepasan 85% air baku domestik ditambah 70% air baku pelayaran.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Debit aliran terendah terjadi pada periode Juli 2001 sebesar 2,5 liter/detik dan debit aliran tertinggi terjadi pada periode Desember 2013 sebesar 2.177,15 liter/detik. Debit andalan, sebagai *inflow* waduk ini ditetapkan sebesar 50% (*Q<sub>50</sub>*) yang dianalisis menggunakan metode bulan dasar perencanaan (*basic month*). Diperoleh *Q<sub>50</sub>* terendah sebesar 174,02 liter/detik terjadi pada periode Februari 2 dan tertinggi sebesar 2.300,64 liter/detik pada periode Desember 1. Hasil perhitungan debit andalan disajikan pada Tabel 1.

Selanjutnya, kebutuhan air baku (*outflow*) adalah terdiri atas kebutuhan air baku domestik dan kebutuhan air baku untuk pelayaran. Untuk proyeksi jumlah penduduk di empat kecamatan sebagai pengguna air baku domestik pada tahun 2038 disajikan pada Tabel 2. Untuk standar kebutuhan air baku dipakai ukuran kota kecil sebesar 130 liter/orang/hari [9] sehingga didapatkan kebutuhan air bersih untuk tahun 2038 di lima kecamatan tersebut sebesar 70,80 liter/detik. Untuk proyeksi jumlah kebutuhan air baku pelayaran, terdiri atas kebutuhan air untuk melaut sebesar 26,319 liter/tahun, kebutuhan untuk pencucian ikan sebesar 3.075.646 liter/tahun, kebutuhan untuk pencucian palkah kapal sebesar 975.000 liter/tahun, kebutuhan air bersih kapal sebesar 11.648.000 liter/tahun, kebutuhan air bersih penumpang 4.718.574 liter/tahun. Total jumlah kebutuhan

air baku pelayaran diproyeksikan sebesar 20.443.539 liter/tahun atau 0,65 liter/detik.

setelah air terisi selama 15 periode (dari 120 periode) sejak Januari 1 hingga Agustus 1 di tahun pertama.

**Tabel 1**  
Debit andalan 50% ( $Q_{50}$ )

Periode	Debit andalan		
	(m <sup>3</sup> /detik)	(liter/detik)	
Januari	1	0,34258	342,58
	2	0,47041	470,41
Februari	1	0,25665	256,65
	2	0,17402	174,02
Maret	1	0,18545	185,45
	2	0,27366	273,66
April	1	0,21433	214,33
	2	0,20729	207,29
Mei	1	0,26409	264,09
	2	0,28552	285,52
Juni	1	0,31019	310,19
	2	0,32572	325,72
Juli	1	0,29164	291,64
	2	0,28819	288,19
Agustus	1	0,29439	294,39
	2	0,32050	320,50
September	1	0,37622	376,22
	2	0,64600	646,00
Oktober	1	0,61153	611,53
	2	0,77575	775,75
November	1	0,85655	856,55
	2	0,66107	661,07
Desember	1	2,30064	2.300,64
	2	1,76448	1.764,48

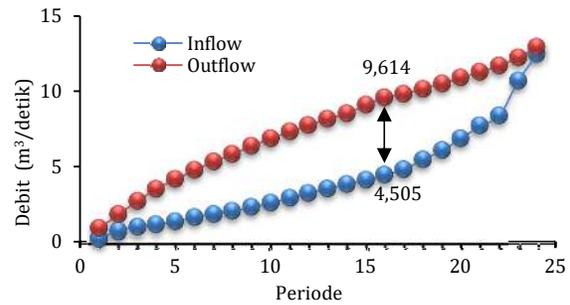
**Tabel 2**  
Proyeksi jumlah penduduk tahun 2038 dan kebutuhan air domestik

Kecamatan	Jumlah penduduk (jiwa)		Kebutuhan domestik (liter/detik)
	Tahun 2018	Tahun 2038	
Siantan Selatan	3.610	5.016	7,55
Siantan	11.530	16.020	24,10
Siantan Timur	3.453	4.798	7,22
Siantan Tengah	2.807	3.900	5,87
Palமாக	12.466	17.320	26,06
Jumlah (jiwa)	33.866	47.054	70,80

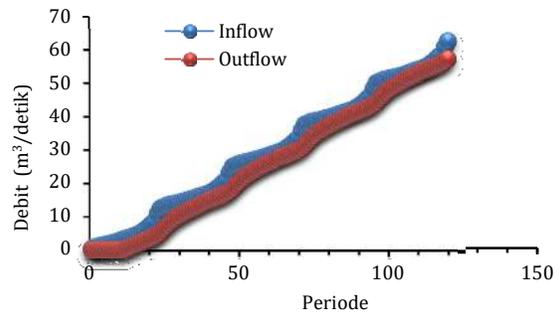
Dari hasil simulasi 1 dengan *trial error* untuk mendapatkan tinggi muka air (TMA) waduk yang sama serta simulasi 2 dengan menetapkan *normal water level* (NWL) di tahun pertama pada elevasi +60,00 m maka diperoleh keberhasilan simulasi minimum 80% tercapai saat tampungan mati berada pada elevasi maksimum +10,5 m. Kegagalan lebih dari 20% terjadi ketika tampungan mati berada pada elevasi +10,60 m.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kumulatif *inflow* debit andalan  $Q_{50}$  dan *outflow* 100% kebutuhan. Pada periode yang sama terlihat jumlah kebutuhan air kumulatif lebih besar dibandingkan dengan ketersediaan air (*inflow*). Selisih tertinggi terdapat pada period eke 16 (Agustus 2) yaitu sebesar 5,11 m<sup>3</sup>/detik dan selisih terendah berada pada periode Desember 2 sebesar 0,446 m<sup>3</sup>/detik.

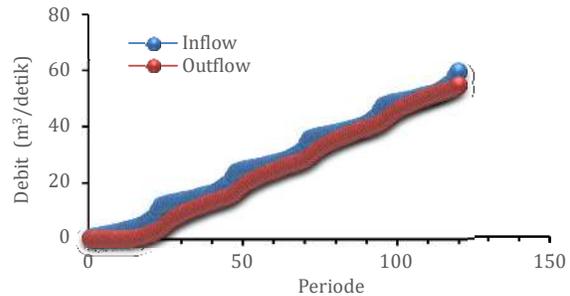
Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan air sebesar 100% selama lima tahun (Gambar 2), pelepasan dilakukan setelah air dibiarkan terisi dalam debit *inflow* yang ada selama 12 periode (dari 120 periode) atau selama enam bulan (Januari 1 sampai Juni 2) di tahun pertama. Selanjutnya, untuk memenuhi 70% dari kebutuhan air baku pelayaran dan 85% kebutuhan air baku domestik (sebagai kebutuhan minimum) dengan kapasitas tampungan waduk terisi 95% dari *inflow* (Gambar 3), pelepasan dilakukan



**Gambar 1** Massa waduk kumulatif *inflow* dan *outflow*



**Gambar 2** Optimasi dengan kumulatif *inflow* dan pelepasan 100% *outflow*



**Gambar 3** Optimasi dengan kumulatif *inflow* 95% dan pelepasan *outflow* 85% air baku domestik dan 70% air baku pelayaran

#### 4. Kesimpulan

Pengelolaan waduk untuk air minum yang berkelanjutan membutuhkan keseimbangan kebutuhan pasokan air sambil meminimalkan dampak lingkungan. Oleh sebab itu, peran utama dari analisis sistem operasional waduk adalah untuk memberikan dasar yang lebih baik dalam pengambilan keputusan. Optimalisasi operasional waduk membutuhkan banyak evaluasi dari kemungkinan beberapa kombinasi variabel, seperti sifat waduk, lokasi dan parameter penjadwalan produksi, untuk mendapatkan keputusan yang terbaik bagi sebuah strategi ekonomi.

### Daftar Pustaka

- [1] *Republik Indonesia*: Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2008 tentang Pembentukan Kabupaten Kepulauan Anambas di Provinsi Kepulauan Riau. Jakarta, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2008.
- [2] *Ramadhan, K., Masimin, M., Syamsidik S.*: 2018. Kajian pola operasi waduk Keureuto untuk memenuhi kebutuhan air baku di Kabupaten Aceh Utara Provinsi Aceh. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 1(4), 2018, 1059 – 1070.
- [3] *Marselina, M., Sabar, A.*: Model prakiraan debit air dalam rangka optimalisasi pengelolaan waduk Saguling – Kaskade Citarum. *Jurnal Purifikasi*, 17(1), 2017, 99–108.
- [4] *Natalia, K.P.R.*: Penyusunan *rule curve* waduk menggunakan model program dinamik deterministik. *Jurnal Teknik Sipil*, 8 (3), 2008, 225–236.
- [5] *Wesli, W.*: Operasional waduk. *Teras Jurnal*, 3 (2), 2017, 85–94.
- [6] *Samosir, C.S., Soetopo, W., Yuliani, E.*: Optimasi pola operasi waduk untuk memenuhi kebutuhan energi pembangkit listrik tenaga air (studi kasus waduk Wonogiri). *Jurnal Teknik Pengairan*, 6 (1), 2015, 108-115.
- [7] *Nuraeni, Y.*: Metode memperkirakan debit air yang masuk ke waduk dengan metode *stokastik chain markov* (contoh kasus: pengoperasian waduk air Saguling). *Jurnal Teknik Sipil*, 18 (2), 2011, 1–14.
- [8] *Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepulauan Anambas*: Statistik daerah Kabupaten Kepulauan Anambas 2018.
- [9] *NSPM Permukiman dan Prasarana Wilayah*: Pedoman/ petunjuk teknik dan manual - bagian 6: Air minum perkotaan-sistem penyediaan air minum perkotaan, Jakarta, 2002, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.