

Analisis Ketersediaan Air pada Daerah Tangkapan Waduk Sempor dengan Model Mock

Surya Budi Lesmana^a, Andi Nadya Milenia^{a*},

^aProgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak

Sub-DAS Sempor, sub-DAS Seliling, dan sub-DAS Kedung Jati adalah bagian dari daerah tangkapan Waduk Sempor. Daerah tangkapan ini merupakan bagian hulu dari DAS Telomoyo dan menjadi salah satu sumber pemasok air pada Waduk Sempor, karena itu sangat penting untuk mengetahui debit ketersediaan air dan debit andalan pada daerah tangkapan tersebut sebagai strategi pengembangan sumber daya air secara menyeluruh. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui debit ketersediaan air dan debit andalan dengan menggunakan metode pendekatan model Mock. Pada penelitian ini, data yang digunakan merupakan data curah hujan bulanan dan data klimatologi tahun 2011-2020. Berdasarkan analisis ketersediaan air model Mock, diperoleh rata-rata debit pada sub-DAS Sempor sebesar 0,308 m³/s; sub-DAS Seliling sebesar 0,337 m³/s; dan sub-DAS Kedung Jati sebesar 0,529 m³/s. Dari besaran debit Mock tersebut, diperoleh debit andalan Q80 pada sub-DAS Sempor sebesar 0,13 m³/s; sub-DAS Seliling sebesar 0,13 m³/s; dan sub-DAS Kedung Jati sebesar 0,23 m³/s, serta diperoleh debit andalan Q90 pada sub-DAS Sempor sebesar 0,10 m³/s; sub-DAS Seliling sebesar 0,11 m³/s; dan sub-DAS Kedung Jati sebesar 0,18 m³/s. Hasil analisis menunjukkan bahwa sub-DAS Kedung Jati memiliki debit ketersediaan air yang paling besar dan sub-DAS Sempor memiliki debit ketersediaan air yang paling kecil. Analisis juga dilakukan dengan melakukan simulasi perubahan tataguna lahan, dan diperoleh rata-rata debit daerah tangkapan mengalami penurunan pada sub-DAS Sempor dari 0,308 m³/s menjadi 0,297 m³/s; pada sub-DAS Seliling dari 0,337 m³/s menjadi 0,325 m³/s; dan pada sub-DAS Kedung Jati dari 0,529 m³/s menjadi 0,484 m³/s.

Kata-kata kunci: mock, ketersediaan air, debit andalan, daerah tangkapan, sempor

Abstract

Sempor sub-watershed, Seliling sub-watershed, and Kedung Jati sub-watershed are part of the catchment area of the Sempor Reservoir. This catchment area is the upstream part of the Telomoyo watershed, and it became one of the sources of water supply for the Sempor Reservoir, so it is very important to know the water availability and mainstay discharge in the catchment area as a strategy for developing water resources as a whole. The purpose of this research is to determine the flow of water availability and mainstay discharge using the F. J. Mock model approach. In this study, the datasets used are monthly rainfall data and climatological data from 2011 to 2020. Based on the analysis of water availability by the F. J. Mock model, the average discharge in the Sempor sub-watershed is 0.308 m³/s; Seliling sub-watershed is 0.348 m³/s; and the Kedung Jati sub-watershed is 0.529 m³/s. From the magnitude of the Mock discharge, it is obtained that the Q80% mainstay discharge in the Sempor sub-watershed is 0.13 m³/s; Seliling sub-watershed by 0.13 m³/s; and the Kedung Jati sub-watershed of 0.23 m/s, and a reliable Q90% discharge in the Sempor sub-watershed of 0.10 m³/s; Seliling sub-watershed by 0.11 m³/s; and the Kedung Jati sub-watershed at 0.18 m³/s. The analysis of the three sub-watersheds shows that the Kedung Jati sub-watershed has the largest available water discharge and the Sempor sub-watershed has the smallest available water discharge. Analysis was also carried out by simulating changes in land use, and it was obtained that the average catchment area discharge had decreased in the Sempor sub-watershed from 0.308 m³/s to 0.297 m³/s; in the Seliling sub-watershed from 0.337 m³/s to 0.325 m³/s; and in the Kedung Jati sub-watershed from 0.529 m³/s to 0.484 m³/s.

Keywords: mock, water availability, mainstay discharge, catchment area, sempor

Riwayat Artikel
Diserahkan
11 Desember 2022

Direvisi
1 Februari 2023

Diterima
11 Februari 2022

*Penulis korespondensi
surya_lesmana@umy.ac.id

1 PENDAHULUAN

Air adalah sumber daya yang mengalir tanpa mengenal batas administrasi, serta keberadaannya sangat bergantung dengan ruang, waktu, jumlah dan kualitas. Air merupakan sumber kehidupan yang penting bagi manusia dan seluruh makhluk hidup guna memenuhi kebutuhan-kebutuhan akan air. Dari berbagai bentuk pemanfaatan air tersebut, keberadaan sumber daya air yang tidak disiapkan dengan baik dapat menimbulkan konflik dari segi cara memperolehnya maupun dalam penggunaannya. Oleh karena itu, parameter ketersediaan air merupakan salah satu aspek yang sangat penting untuk diketahui sebelum menganalisis keseimbangan air atau yang dikenal sebagai neraca air (*water balance*) pada suatu wilayah (Ariyanto, 2021).

Neraca air merupakan selisih antara ketersediaan air dengan kebutuhan air pada suatu DAS. Dari selisih ini akan memberikan gambaran potensi SDA yang belum dimanfaatkan dengan maksimal (Maulidiyah, 2019). Ketersediaan air sendiri merupakan besaran hasil dari gabungan air hujan, air permukaan, dan air tanah.

Berdasarkan siklus hidrologi maka air hujan yang jatuh akan mengalami evaporasi, infiltrasi, perkolasi (mengisi cadangan air dalam tanah) serta ada yang menjadi limpasan permukaan mengalir sebagai aliran permukaan. Terkumpulnya aliran-aliran permukaan dalam waktu yang lama akan membentuk suatu aliran sungai. Secara spasial, kumpulan aliran permukaan tersebut dapat dibatasi sebagai sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS).

Waduk Sempor merupakan salah satu sumber air permukaan di Kabupaten Kebumen yang dimanfaatkan dalam pemenuhan berbagai jenis kegiatan masyarakat (Setiawan, 2007). Pada daerah tangkapan yang berada di hulu Waduk Sempor ini, terdapat beberapa sub- DAS antara lain sub-DAS Sampang, sub-DAS Sempor, sub-DAS Kaliputih, sub-DAS Seliling, sub-DAS Kedung Jati, dan sub-DAS Kalikumbang. Penelitian ini mengambil contoh tiga lokasi yang masuk ke dalam daerah tangkapan waduk, yaitu sub-DAS Sempor, sub- DAS Seliling, dan sub-DAS Kedung Jati. Ketiga daerah tangkapan tersebut belum pernah dilakukan kajian mengenai besaran ketersediaan air dan debit andalannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perhitungan ketersediaan air pada daerah tangkapan Waduk Sempor menggunakan model Mock. Penelitian ini diharapkan akan dapat dijadikan sebagai salah satu indikator pemenuhan kebutuhan air sesuai dengan potensi yang ada pada Waduk Sempor.

Metode Mock dipilih karena merupakan model pendekatan guna mensimulasi dan memprediksi peristiwa hidrologi yang akan terjadi di masa yang akan datang. Penelitian Julia (2004) menyebutkan bahwa model Mock cocok digunakan sebagai model pendekatan perhitungan ketersediaan air di Waduk Sempor, karena hasilnya yang mendekati atau mirip dengan hasil di lapangan. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Galih dkk (2020). Dari penelitiannya, dihasilkan bahwa model Mock lebih mendekati kondisi di lapangan, jika dibandingkan metode NRECA, dan metode SMEC.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada daerah tangkapan Waduk Sempor yang terletak pada koordinat 7°32'16,08" LU dan 109°29'01,32" BT di Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Daerah tangkapan yang diambil mencakup 3 sub-DAS yaitu sub-DAS Sempor seluas 326,88 ha, sub-DAS Seliling seluas 347,45 ha, dan sub-DAS Kedung Jati seluas 859,96 ha, maka total keseluruhan luas lokasi penelitian ini adalah 1.534,29 ha. Pada penelitian ini juga dilakukan perbandingan simulasi ketersediaan air akibat adanya perubahan tataguna lahan dengan cara melakukan variasi terhadap nilai albedo.

2.1 Analisis Curah Hujan

Penelitian ini menggunakan data sekunder curah hujan 10 tahun dari tahun 2011 s.d tahun 2020, untuk mendapatkan rata-rata hujan setiap bulannya. Data curah hujan diperoleh dari pos stasiun hujan Sampang, Kalimandi dan Kedungwringin milik BBWS Serayu Opak Oya.

Pada penelitian ini, curah hujan pada wilayah tangkapan hujan dianalisis dengan metode *polygon thiessen* yang memberikan hasil yang lebih akurat daripada metode lain (Ajr & Dwirani, 2019). Suripin (2004) menambahkan bahwa cara ini cocok untuk data dengan jumlah pos penakar hujan terbatas.

Hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{P_1A_1+P_2A_2+\dots+P_nA_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- P = tinggi curah hujan rata-rata
- P₁,... P_n = curah hujan pada pos hujan
- A₁,... A_n= luas tangkapan pos hujan

2.2 Analisis Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses hilang air total di suatu lahan dan air yang dibutuhkan oleh permukaan yang bertanaman (*vegetated surface*) (Yustiana & Sitohang 2019). Pada penelitian ini, digunakan metode Penman Modifikasi FAO untuk menghitung besaran evapotanspirasi. Nilai evapotranspirasi potensial (ET₀) dapat dilihat dalam persamaan berikut.

$$ET_0 = C(W \times R_n + (1-W)(e_a - e_d)) \times f(U) \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- ET₀ = Evaporatranspirasi potensial (mm/hari)
- C = Faktor koreksi tanaman
- W = Koreksi angin dan kelembaban
- 1-W = Koreksi radiasi matahari
- R_n = Radiasi netto (mm/hari)
- e_a = Tekanan uap jenuh (mbar)
- e_d = Tekanan uap nyata (mbar)
- f(U) = Faktor kecepatan angin

Sedangkan evapotranspirasi aktual (E_a) dapat dilihat dalam persamaan berikut.

$$E = ET_0 \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \dots\dots\dots(3)$$

$$E_a = ET_0 - E \dots\dots\dots(4)$$

- Dimana:
 E = Evapotranspirasi terbatas (mm)
 Ea = Evapotranspirasi aktual (mm/bln)
 ET0 = Evapotranspirasi potensial (mm)
 n = Jumlah hari hujan
 m = Persentase singkapan lahan (%)

- I = Infiltrasi (mm) Kelebihan Air Koefisien
 WS = infiltrasi
 aVn = Volume air tanah periode ke-n (m³) Volume
 Vn = air tanah periode n-1 (m³) Faktor infiltrasi
 Vn-1 = Faktor resesi air tanah, berkisar 0-1
 i = Faktor infiltrasi
 k = Faktor resesi air tanah, berkisar 0-1

Tabel 1. Singkapan Lahan (Mock, 1973)

m (%)	Keadaan permukaan
0	Lahan dengan hutan lebat
0	Akhir musim hujan, bertambah 10 setiap bulan kering untuk lahan sekunder
10 - 40	Lahan tererosi
20 - 50	Lahan pertanian yang diolah

Data klimatologi berupa suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari diambil dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) milik NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) mulai tahun 2011 hingga 2020 (<https://power.larc.nasa.gov/>).

2.3 Analisis Ketersediaan Air

Analisis ketersediaan air dihitung dengan menggunakan model Mock dengan memperhitungkan volume air yang masuk (presipitasi), keluar dari tanah (infiltrasi, perkolasi, dan evapotranspirasi), serta yang tersimpan dalam tanah (*soil storage*). Model Mock sendiri merupakan model hidrologi yang biasanya dipilih untuk menganalisis ketersediaan dengan pengalih ragaman data hujan ke data aliran adalah model Mock (Purboseno dkk. 2013).

Untuk mendapatkan nilai keseimbangan air dilakukan perhitungan menggunakan rumus pada persamaan berikut ini:

$$\Delta S = R - Ea \dots\dots\dots(5)$$

$$WS = \Delta S - SR \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

- WS = Kelebihan air
 ΔS = Selisih air pada permukaan Jika R > Ea, ΔS bernilai positif Jika R < Ea, ΔS bernilai negatif
 Ea R = Evapotranspirasi aktual (mm/bln) Curah hujan (mm)

Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai infiltrasi dan penyimpanan air tanah dilakukan perhitungan menggunakan rumus seperti pada persamaan berikut ini:

$$I = i \times WS \dots\dots\dots(7)$$

$$aV_n = \frac{1}{2} \times (1 + k) \times I_n \dots\dots\dots(8)$$

$$V_n = aV_n + L \dots\dots\dots(9)$$

$$L = k \times V_n \dots\dots\dots(10)$$

$$V_n = V_n - (V_{n-1}) \dots\dots\dots(11)$$

Nilai koefisien infiltrasi dan faktor resesi air tanah yang digunakan pada pendekatan model Mock yang disarankan yaitu i = 0,4 dan k = 0,6 (Mock, 1973).

Pada perhitungan di atas, nilai Vn diiterasi, misalnya diasumsi pertama Vn untuk bulan Januari = 100 mm. Harga Vn ini dikalikan dengan k dan menjadi nilai (Vn-1) × k untuk bulan Februari. Jumlahkan nilai (Vn-1) × k dengan baris 0,5 × (1 + k) × In dari bulan Februari, lalu hasilnya dikalikan dengan nilai k dan mendapat (Vn-1) × k bulan Maret. Menggunakan cara yang sama sampai bulan Desember.

Dengan demikian, akan didapat harga Vn bulan Januari. Asumsi pertama nilai Vn = 100 mm diganti dengan nilai Vn dari bulan Desember dan seterusnya hingga didapat hasil perhitungan yang konsisten. Terakhir, pengecekan akumulasi ΔVn seluruh bulan, apabila akumulasi ΔVn = 0, maka perhitungan telah sesuai. Besaran limpasan yang terjadi dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$BF = I - \Delta V_n \dots\dots\dots(12)$$

$$DRO = WS - I \dots\dots\dots(13)$$

$$TRO = BF + (k \times \Delta S) \dots\dots\dots(14)$$

dimana:

- BF = Aliran dasar (mm)
 DRO = Perubahan volume air tanah (mm) Limpasan
 TRO = langsung (mm)

Setelah itu, dapat diperoleh besaran debit ketersediaan air dengan dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{\frac{TRO}{1000} \times A}{60 \times 60 \times 24 \times (\text{hari 1 bulan})} \dots\dots\dots(15)$$

dimana:

- Q = Debit ketersediaan air (m³/s) Limpasan
 TRO = langsung (mm)
 A = Luas wilayah tangkapan air (m²)

2.4 Analisis Debit Andalan

Menurut Yekti dkk. (2020), debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai dalam jangka waktu tertentu untuk dapat memenuhi berbagai keperluan. Untuk keperluan irigasi, debit andalan sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan sebesar 80%, sedangkan keperluan air baku ditetapkan sebesar 90%. Debit andalan dianalisis dengan mengurutkan data debit dari yang terbesar ke terkecil lalu dihitung probabilitas tingkat keandalan debit dari perangkungan menggunakan rumus Weibull (Sukmara dkk., 2020).

Rumus Weibul yang digunakan dapat dilihat pada persamaan berikut.

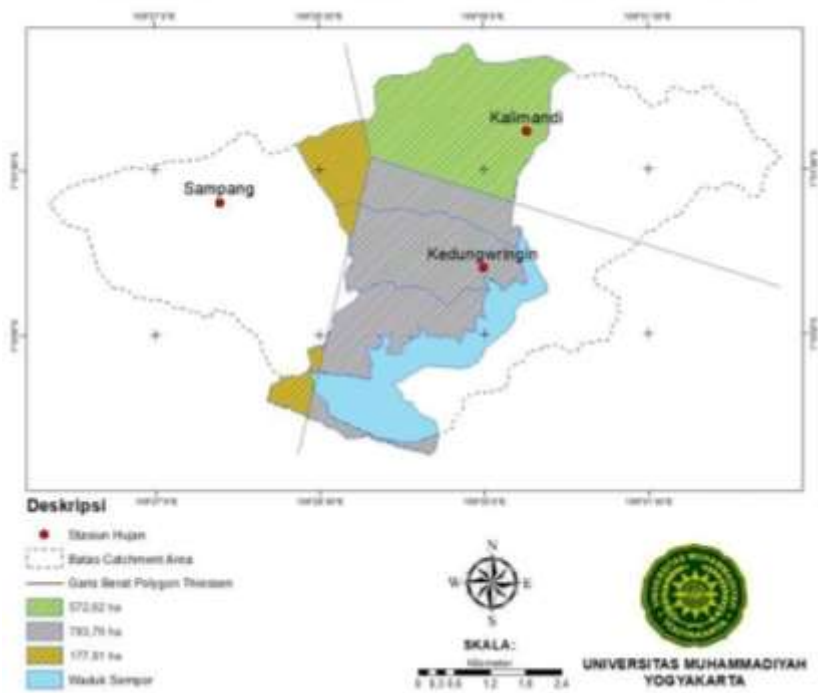
$$Q = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots \dots \dots (16)$$

- dimana
- P% = Probabilitas (%)
 - m = Urutan data
 - n = Jumlah data

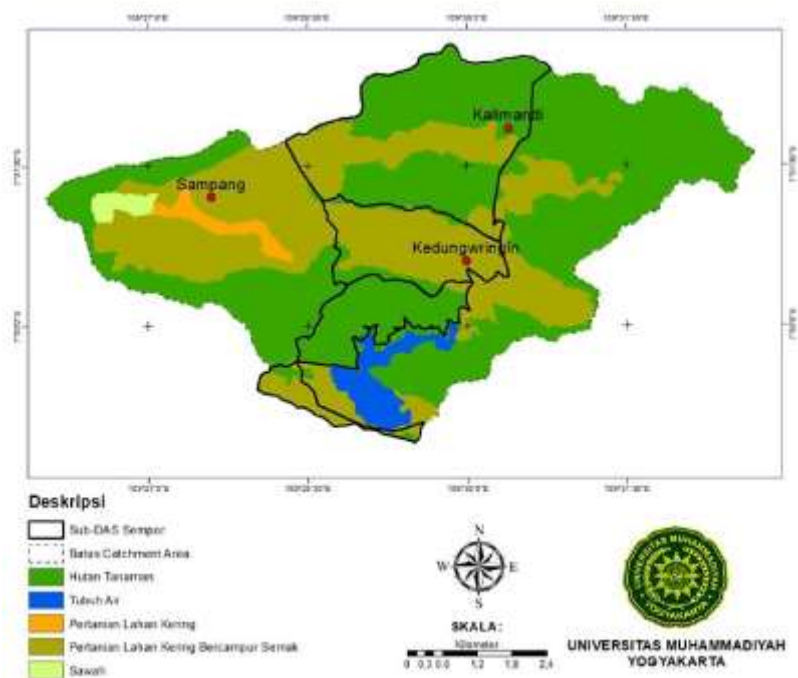
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan Rerata

Setelah dilakukan analisis hujan rerata dengan polygon Thiessen, diketahui bahwa Sub-DAS Sempor, Sub-DAS Seliling, Sub-DAS kedung Jati, secara berturut-turut memiliki curah hujan tertinggi pada bulan Desember sebesar 558,2 mm; 555,4 mm; dan 339,8 mm, sedangkan curah hujan terendah pada bulan Agustus sebesar 45,7 mm; 46,3 m, dan 42,7 mm. Pembagian daerah wilayah pos stasiun hujan Sempang, Kedungwringin dan Kalimandi berdasarkan poligon Thiessen ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Polygon Thiessen Daerah Tangkapan Waduk Sempor

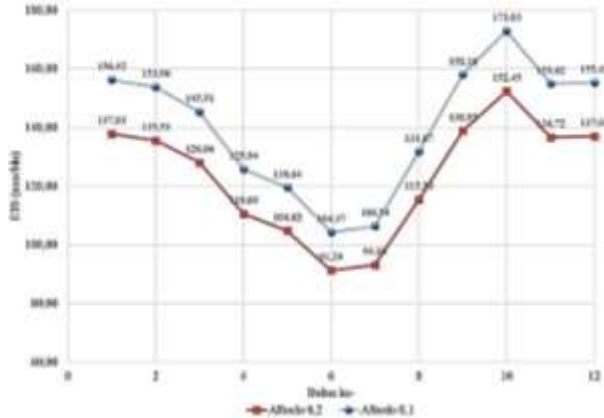


Gambar 2. Peta Tata Guna Lahan Daerah Tangkapan Waduk Sempor (sumber : RBI)

3.2 Analisis Evapotranspirasi

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa daerah tangkapan Waduk Sempor dominan lahannya adalah hutan dengan nilai albedo 0,2.

Jika dilakukan perhitungan evapotranspirasi, akan diperoleh nilai evapotranspirasi dengan rentang 90 - 153 mm/bulan (Gambar 3). Dengan scenario adanya pengurangan daerah hutan (penggundulan hutan), nilai albedo turun menjadi 0,1. Dari perubahan tata guna lahan tersebut, diperoleh nilai evapotranspirasi menjadi berkisar antara 104,37 - 173,03 mm/bulan. Perubahan besaran evapotranspirasi akibat perubahan lahan ini tentunya akan berdampak kepada besaran debit pada daerah tangkapan.



Gambar 3. Evaporasi Daerah Tangkapan Waduk Sempor

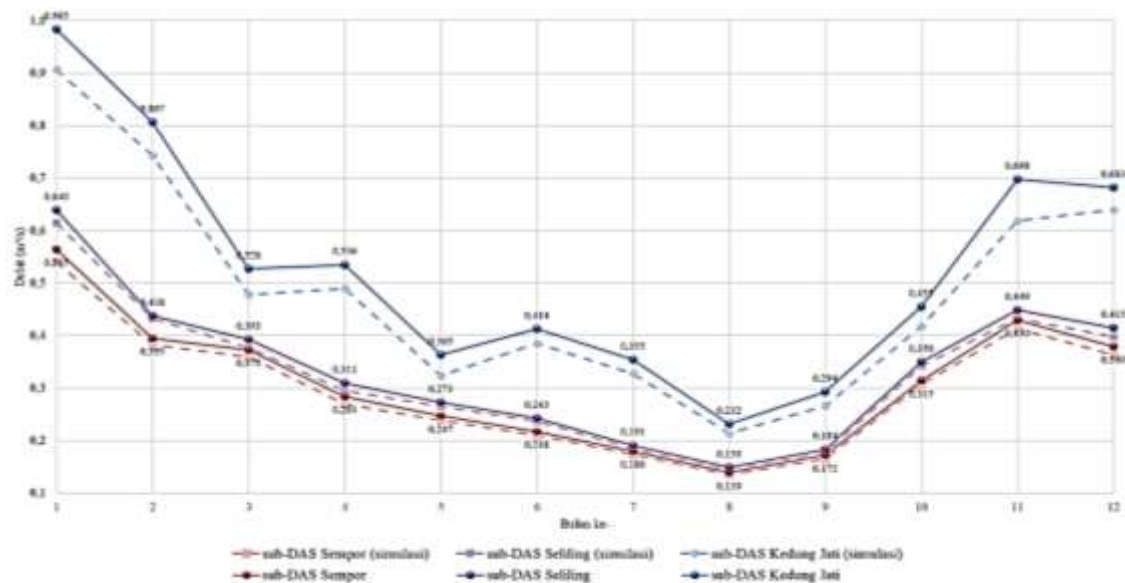
3.3 Analisis Debit Andalan

Pada sub-DAS Sempor diperoleh nilai rata-rata debit tertinggi yaitu di bulan Januari sebesar 0,56 m³/s. Sedangkan untuk rata-rata debit terendahnya terjadi di bulan Agustus sebesar 0,14 m³/s. Pada sub-DAS Seliling diperoleh nilai rata-rata debit tertinggi yaitu di bulan Januari sebesar 0,64 m³/s. Sedangkan untuk rata-rata debit terendahnya terjadi di bulan Agustus sebesar 0,15 m³/s. Pada sub-DAS Kedung Jati diperoleh nilai rata-rata debit tertinggi yaitu di bulan Januari sebesar 0,98 m³/s. Sedangkan untuk rata-rata debit terendahnya terjadi di bulan Agustus sebesar 0,23 m³/s. Hasil akumulasi debit ketiga sub- DAS, diperoleh besaran debit pada daerah tangkapan seperti Tabel 1 dengan rata-rata debit 1,174 m³/s.

Selanjutnya, dilakukan simulasi dengan model Mock untuk melihat perbedaan debit andalan bila lokasi penelitian mengalami perubahan tata guna lahan. Simulasi ini dilakukan dengan perubahan fungsi atau perubahan tata guna dari yang awalnya dominan tumbuhan hijau (m=10-35% dan albedo = 0,2) menjadi dominan permukiman atau lahan gundul/ladang (m = 50% dan albedo = 0,1. Perbandingan debit dari dua kondisi tersebut ditampilkan pada Gambar 4.

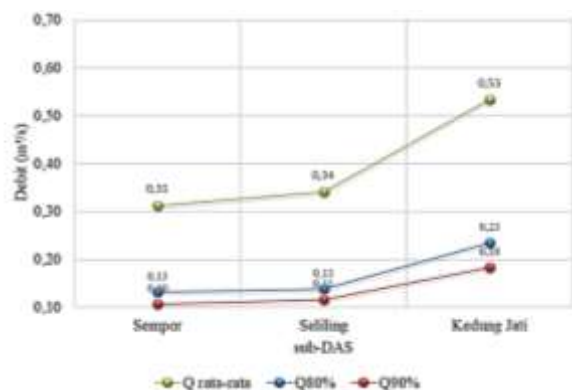
Tabel 1. Akumulasi Debit

Bulan Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
2011	2,73	2,19	1,77	1,47	1,69	0,87	1,19	0,95	1,41	1,47	1,51	1,51
2012	2,53	1,48	1,11	0,90	0,98	0,47	0,40	0,36	0,30	0,91	1,67	1,82
2013	2,25	1,14	0,92	0,92	0,93	1,40	1,33	0,38	0,49	0,65	0,83	1,76
2014	2,45	1,19	0,80	0,94	0,85	0,99	0,92	0,51	0,31	0,91	1,93	2,23
2015	1,43	1,00	1,89	1,41	0,48	0,54	0,47	0,43	0,34	0,26	1,63	1,03
2016	1,84	2,42	0,71	1,47	1,13	1,53	0,87	0,87	1,43	1,91	2,36	1,63
2017	2,18	1,29	0,91	1,07	0,56	0,78	0,50	0,34	0,65	1,66	0,67	1,09
2018	1,88	2,25	1,12	1,27	0,56	0,61	0,46	0,41	0,44	0,36	1,91	1,21
2019	1,90	1,40	1,54	0,72	0,64	0,46	0,45	0,38	0,32	0,24	1,05	0,68
2020	2,70	2,04	2,16	1,15	1,03	1,08	0,67	0,59	0,80	2,84	2,23	1,83
Qr	2,19	1,64	1,29	1,13	0,89	0,87	0,73	0,52	0,65	1,12	1,58	1,48



Gambar 4. Perbandingan Rata-rata Debit Kondisi Awal dengan Debit Hasil Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan

Dari Gambar 4, diperoleh rata-rata debit daerah tangkapan mengalami penurunan pada sub- DAS Sempor dari 0,308 m³/s menjadi 0,297 m³/s; pada sub-DAS Seliling dari 0,337 m³/s menjadi 0,325 m³/s; dan pada sub-DAS Kedung Jati dari 0,529 m³/s menjadi 0,484 m³/s. Debit hasil perhitungan menggunakan model Mock dihitung debit andalannya, pada penelitian ini yaitu debit andalan Q80% dan Q90% (Gambar 5). Debit andalan Q80% sebesar 0,52 m³/s dan debit andalan Q90% sebesar 0,40 m³/s.



Gambar 5. Grafik Debit Andalan Daerah Tangkapan Waduk Sempor

4 KESIMPULAN

1. Sub-DAS Sempor memiliki rata-rata debit sebesar 0,308 m³/s; sub-DAS Seliling memiliki rata-rata debit sebesar 0,337 m³/s; dan sub-DAS Kedung Jati memiliki rata-rata debit sebesar 0,529 m³/s. Total rata-rata debit ketersediaan air ketiga sub-DAS sebesar 1,174 m³/s.
2. Dari simulasi perubahan tata guna lahan yang awalnya dominan tumbuhan hijau (m=10- 35% dan albedo=0,2) menjadi dominan permukiman atau lahan gundul/ladang (m=50% dan albedo= 0,1) menyebabkan rata-rata debit ketersediaan air pada daerah tangkapan Waduk Sempor mengalami penurunan sebesar 6,8%.
3. Debit andalan Q80% ketiga sub-DAS sebesar 0,52 m³/s dan total debit andalan Q90% ketiga sub-DAS sebesar 0,40 m³/s.

Daftar Pustaka

Ajr, E. Q., & Dwirani, F. (2019). Menentukan Stasiun Hujan Dan Curah Hujan Dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak. *JURNALIS*, 2(2), 139-146.

Ariyanto, L. (2021). Kajian Neraca Air DAS Way Kandis Untuk Merencanakan Alokasi Air Yang Berkesinambungan. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 02(02), 24-30.

Galib Ishak, M., Wayan Sutapa, I., Basong, A., & Dedi, A. (2020). *Analysis of Water Availability in Omu Watershed. MATEC Web of Conferences*, 331, 04003.

Julia, H. (2014). Optimasi Model Hidrologi Mock Daerah Tangkapan Air Waduk Sempor. *Jurnal Agrium*, 18(3), 219-227.

Maulidiyah, A. (2019). Studi Potensi Debit Run-off DAS Kali Welang Menggunakan Metode Simulasi Hujan-Limpasan F. J. Mock. *Konstruksi*, 7, 1-11.

Mock, F. J. (1973). *Land Capability Appraisal Indonesia: Water Availability Appraisal - Basic Study. Food and agriculture organization of the United Nations.*

Purboseno, S., Bambang, A. N., Suripin, & Hadi, S. . (2013). Evaluasi Karakteristik Daerah Tangkapan Air Sebagai Acuan Kegiatan Konservasi Sumber Daya Air.

Setiawan, A. (2007). Kajian Keandalan Waduk Sempor. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 279-286.

Sukmara, R. B., Pratama, J. J., & Ariyaningsih. (2020). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Baku Kota Balikpapan. Studi Kasus : Waduk Manggar, Kota Balikpapan. *Jurnal ETERNITY*, 1(1),7-14.

Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Andi Offset

Yekti, M. I., Wijakesuma, T. G. R., & Harmayan, K. D. (2020). Evaluasi Pola Operasi Waduk Tamblang di Kabupaten Buleleng Provinsi Bali. *Jurnal Teknik Pengairan*, 11(2), 116-127.

Yustiana, F., & Sitohang, G. A. (2019). Perhitungan Evapotranspirasi Acuan untuk Irigasi di Indonesia. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(2), 39.

Chanasit, W., Hodgson, B., Sudesh, K., & Umsakul, K. (2016). Efficient Production of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) from Pseudomonas Mendocina PSU using a Biodiesel Liquid Waste (BLW) as the Sole Carbon Source. *Bioscience, bIotechnology, and Biochemistry*, 80(7), 1440-1450.

Cunningham, W., Cunningham, M., & Saigo, B. (2005). *Environmental Science*. McGraw-Hill Higher Education.

Hur, J., Lee, B.-M., Lee, T.-H., & Park, D.-H. (2010). Estimation of Biological Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Combined Sewer Systems Using Synchronous Fluorescence Spectra. *Sensors*, 10(4), 2460-2471.

Khan, S., & Mohiuddin, K. (2018). Evaluating the Parameters of ArcGIS and OGIS for GIS Applications. *Int J Adv Res Sci Eng*, 7, 582-594.

Kodatie, R., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi.

Ohimain, E., Seiyaboh, E., Izah, S., Oghenegueke, V., & Perewarebo, T. (2012). Some Selected Physico-Chemical and Heavy Metal Properties of Palm Oil Mill Effluents. *Greener Journal of Physical*, 2(4), 131-137.

PERMENKES. (n.d.). No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Air Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Permandian Umum.

Rahmawati, A., & Azizah, R. (2005, Juli). Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(1), 97-110.

Rizal, M. (2011, Mei). Analisis Pengelolaan Persampahan Perkotaan (Studi Kasus pada Kelurahan Boya Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala). *Jurnal SMARTek*, 9(2), 155-172.

Trisna, Y. (2018, April). Kualitas Air dan Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Pabrik Gula Watoetoelis. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 220-230.

Turner, R., Georgiou, S., Clark, R., Brouwer, R., & Burke, J. (2004). *Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management* (Vol. 27). Food & Agriculture Org.

Yulis, P., Desti, & Febliza, A. (2018, Mei). Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah* 6(3).