

# ANALISIS KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR DAN UPAYA KONSERVASI SUB DAS KALI LAMONG LAMONGAN

Anita Rahmawati<sup>1\*</sup>, Faradlillah Saves<sup>2</sup>, Gilang Ramadan Kololikiye<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 163, Kota Malang  
e-mail: [anita.rahmawati@unisma.ac.id](mailto:anita.rahmawati@unisma.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Surabaya  
e-mail: [farasaves@untag-sby.ac.id](mailto:farasaves@untag-sby.ac.id)

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 163, Kota Malang  
e-mail: [gilangft@unisma.ac.id](mailto:gilangft@unisma.ac.id)

## ABSTRAK

Konservasi Sub DAS merupakan upaya pengelolaan dan perlindungan sumber daya alam secara terpadu pada suatu wilayah yang lebih kecil dari Daerah Aliran Sungai (DAS) utama. Sub DAS merupakan bagian dari DAS yang memiliki karakteristik hidrologis dan geomorfologis yang khas. Lamongan merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang dilalui oleh Sub DAS Kali Bengawan Solo dan Sub DAS Kali Lamong. Kondisi DAS Kali Lamong yang dilewati oleh beberapa daerah telah mengalami kerusakan yang disebabkan berkurangnya tutupan lahan. Berkurangnya tutupan lahan merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius dan berdampak langsung pada ketersediaan air. Tutupan lahan mengacu pada jenis vegetasi yang menutupi permukaan bumi, seperti hutan, semak belukar, dan lahan pertanian. Ketika tutupan lahan berkurang, misalnya akibat penebangan hutan atau konversi lahan menjadi permukiman, maka akan terjadi sejumlah perubahan yang berujung pada defisit air. Defisit air pada musim kemarau pada tahun 2019 sebesar 4.966.826 m<sup>3</sup> dan pada tahun 2023 sebesar 6.775.193 m<sup>3</sup>. Konservasi tanah dan air adalah upaya untuk menjaga dan melindungi tanah serta sumber daya air dari kerusakan akibat erosi dan banjir. Ada dua metode utama yang sering digunakan dalam konservasi, yaitu vegetatif dan mekanis. Besar debit andalan tahun 2024 adalah 286.764.441,7395 (L/jiwa/Hari). Sementara itu, jumlah ketersediaan airnya adalah 134.889.167,441 (mm/hari) maka total keseimbangan airnya adalah 134.612.402.969,6 L/hari.

Kata kunci: defisit, konservasi, Sub DAS Kali Lamong

## 1. PENDAHULUAN

Defisit air merupakan kondisi ketika curah hujan lebih kecil daripada evapotranspirasi, sehingga air di lahan menjadi berkurang. Faktor yang mempengaruhi terjadinya defisit air yaitu pengaruh kondisi lingkungan seperti: suhu, kekeringan dan salinitas. Defisit air memiliki dampak negatif pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman, dimana tanda – tanda utamanya adalah daun-daun layu. Defisit air dapat dihitung dengan data meteorologi, seperti: ketersediaan air, curah hujan dan evapotranspirasi. Pemodelan neraca air juga dapat digunakan untuk memprediksi defisit air di suatu daerah.

Selain itu, ketersediaan air untuk kebutuhan makhluk hidup saat ini terbatas dikarenakan jumlah manusia yang populasinya semakin bertambah dan lahan hijau semakin sempit, sedangkan kebutuhan air semakin meningkat setiap tahunnya baik dari segi kualitas, kuantitas dan jenis kebutuhan. Dalam banyak wilayah, kondisi ketersediaan air selama musim kemarau menjadi masalah. Pada musim kemarau pasokan air dapat mempengaruhi kebutuhan konsumsi, pertanian, industri dan ekosistem. Ketersediaan air ditentukan dari siklus air yang seimbang dimana besarnya aliran masuk (*inflow*) dan kebutuhan air keluar (*outflow*) adalah konstan. Adapun dalam penelitian ini komponen air masuk (*inflow*) pada waduk ini berasal dari air hujan yang turun dan air sungai sedangkan kebutuhan air keluar (*outflow*) digunakan untuk air baku melalui irigasi dan evapotranspirasi (Hadriyana dkk, 2015). Oleh karena itu, penting mengembangkan pendekatan yang memungkinkan pemantauan dan pengelolaan efisiensi sumber daya air selama musim kemarau. Setiap DAS (Daerah Aliran Sungai) memiliki kebutuhan air yang berbeda – beda, sehingga memerlukan perlakuan khusus pada beberapa Sub DAS. Pengelolaan Sub DAS harus mampu menyediakan air secara merata keseluruh daerah sehingga masing-masing memperoleh kebutuhan air sesuai peruntukannya. (Ardana et al, 2019).

Terkait dengan permasalahan yang terjadi pada Sub DAS Kali Lamong, perlu dilakukan analisis secara teknis mengenai ketersediaan sumber daya air yang ada di wilayah tersebut terhadap kebutuhan air yang tiap tahun meningkat. Untuk menjaga ketersediaan sumber daya air baik masa sekarang maupun yang akan datang, diperlukan analisis konservasi sumber daya air. Analisis konservasi sumber daya air yang dilakukan di wilayah tersebut bertujuan untuk meminimalisir defisit air yang terjadi pada musim kemarau. Upaya yang dapat dilakukan antara lain dengan mengembalikan fungsi lahan sebagai lahan konservasi (vegetasi) dan penyediaan pemanen air hujan (mekanis). Apabila ditinjau dari aspek finansial, konservasi diharapkan ada kegiatan yang dapat menguntungkan bagi masyarakat sekitar. Masyarakat yang awalnya mengalami kerugian akibat kekeringan diharapkan mendapatkan keuntungan baik

secara langsung maupun tidak langsung dengan adanya penanaman pohon dan penampungan air (pemanen air hujan).

## 2. RUMUSAN MASALAH DAN TUJUAN

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka perumusan masalah dalam artikel ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana ketersediaan air di Sub DAS Kali Lamong pada saat ini?
2. Bagaimana upaya konservasi sumber daya air yang harus dilakukan untuk menjaga keberlangsungan kuantitas ketersediaan air di masa mendatang?

### Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah diuraikan diatas, maka penyusunan artikel ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis ketersediaan air yang ada di Sub DAS Kali Lamong pada saat ini.
2. Menganalisis konservasi sumber daya air untuk meminimalisir defisit air pada musim kemarau dan menjaga keberlangsungan kuantitas sumberdaya air di Sub DAS Kali Lamong.

## 3. MANFAAT

Diharapkan hasil penelitian ini bisa dijadikan sebagai konsep terpadu dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya di Sub DAS Kali Lamong terutama pada masa kekeringan. Dengan pengelolaan sumber daya air yang baik, akan diperoleh ketersediaan air yang memenuhi secara berkelanjutan, serta dapat meminimalisir krisis air bersih dalam penyediaan air untuk sektor-sektor penting lainnya yang selalu terjadi setiap tahun.

## 4. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup yang dikaji dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang dibahas hanya pada lingkup Sub DAS Kali Lamong.
2. Tidak memperhitungkan besarnya tingkat erosi terhadap kelerengan.
3. Perhitungan kebutuhan air untuk kebutuhan air domestik dan non domestik.
4. Debit air (ketersediaan air) yang digunakan adalah debit air permukaan.
5. Perhitungan debit air menggunakan metode FJ.Mock dan dikalibrasi dengan debit AWLR (pengamatan).
6. Hanya membahas aspek teknis dan lingkungan sebagai upaya konservasi Sub DAS Kali Lamong.
7. Tidak menganalisis pengaruh kualitas air dalam penyediaan air baku.
8. Tidak mendesain struktur embung/ waduk.

## 5. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Ketersediaan Air (Air Permukaan)

Dalam menganalisa ketersediaan air perlu diperhitungkan komponen-komponen yang mempengaruhinya, dimana komponen-komponen tersebut meliputi komponen air permukaan dan sumber air. Karena keterbatasan data, maka dalam penelitian ini komponen air yang digunakan hanya air permukaan. Untuk menganalisa ketersediaan air permukaan akan digunakan sebagai acuannya adalah debit andalan (*dependable flow*). Debit andalan merupakan suatu besaran debit gabungan antara limpasan langsung dan aliran dasar. Debit ini mencerminkan suatu angka yang dapat diharapkan terjadi pada titik kontrol yang dikaitkan dengan waktu dan nilai keandalan. Untuk mendapatkan nilai ketersediaan, maka perlu dianalisa lebih dalam melalui debit andalan atau ketersediaan debit yang merupakan debit benar-benar dapat diandalkan ada pada suatu sungai, baik pada musim kering atau musim penghujan. Beberapa metode dapat dilakukan untuk mengetahui debit andalan ini seperti metode FJ. Mock, pengukuran langsung dan dengan memasang alat pengukuran debit *Automatic Water Level Record* (AWLR). Metode FJ Mock menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment area* akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*).

Infiltrasi asal mulanya akan menjatuhkan *top-soil* kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*, dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Metode ini didasarkan pada parameter data hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik DAS setempat. Sehingga perhitungan debit efektif dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{\text{efektif}} = \frac{Q_{\text{tot}} * A * 1000}{n * 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} * 3600 \frac{\text{det}}{\text{jam}}} \quad (1)$$

dengan Q efektif = debit efektif (m<sup>3</sup>/dt), Q<sub>tot</sub> = total limpasan aliran sungai (mm/ bulan), A = luas *catchment area* (km<sup>2</sup>), N = jumlah hari hujan (hari).

### 2. Metode Vegetasi

Metode vegetasi merupakan sebuah metode yang menggunakan tanaman atau tumbuhan untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh dan aliran permukaan serta erosi. Menurut (Arsyad, 1989) dalam konservasi dengan metode vegetasi diperoleh beberapa fungsi antara lain :

- a. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir – butir hujan yang turun
- b. Melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air di atas permukaan tanah
- c. Memperbaiki kapasitas *infiltrasi* tanah dan penahan air.

Dalam analisa konservasi vegetasi , faktor simpanan lengas tanah (*soil water stronge*) atau disingkat SWS sangat mempengaruhi ketersediaan air dalam tanah. Simpanan lengas tanah merupakan jumlah total air yang tersimpan maka semakin banyak cadangan air yang tersedia bagi tanaman selama periode tertentu. Dalam penanaman disekitar lahan waduk perlu memperhatikan jenis tanah. Jenis tanah yang berada di Sub DAS Kali Lamong merupakan jenis tanah lempung berpasir. Tanah berlempung adalah jenis tanah yang memiliki kandungan liat yang cukup tinggi . Karakteristik tanah berlempung melibatkan partikel – partikel halus dan kemampuan tanah untuk mempertahankan kelembaban . Jenis tanah lempung berpasir memiliki kombinasi antara partikel liat dan berpasir,memberikan sifat drainase yang lebih baik dibandingkan tanah berlempung murni. Tanah berlempung memiliki karakteristik khusus, termasuk kemampuan retensi air yang baik dan cenderung menjadi keras ketika kering.

### 3. Metode Mekanis

Pemanfaatan air hujan merupakan serangkaian kegiatan mengumpulkan,menggunakan dan menyerapkan air hujan ke dalam tanah. Kolam pengumpul air hujan merupakan wadah atau kolam yang diguakan untuk menampung air hujan. Metode pemanen air hujan memiliki prinsip konservasi air yaitu memanfaatkan air hujan yang jatuh ke tanah seefisien mungkin, mengendalikan kelebihan air di musim hujan dan menyediakan air yang cukup di musim kemarau. Konsep pemanenan air memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Memperlambat aliran permukaan
- b. Menampung dan mengalirkan aliran permukaan sehingga tidak merusak
- c. Memperbesar kapasitas *infiltrasi* air ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah
- d. Menyediakan air bagi tanaman

Dalam implementasi air hujan digunakan cara yaitu pemanen air hujan dengan pemanen air hujan dengan embung atau waduk. Pembuatan embung/waduk adalah solusi terbaik untuk menampung air hujan. Namun, apabila penggunaan air untuk keperluan sehari-hari tidak optimal maka akan terjadi ketidak seimbangan air pada musim kemarau dan musim hujan. Kriteria untuk menentukan pembuatan embung/ waduk adalah berdasarkan letaknya yang tidak berbatasan dengan laut dan volume kapasitas tampungan mampu menampung diatas 50.000 m<sup>3</sup> (Lasminto, 2016). Semakin kecil volume tampungan air, maka potensi pemanfaatan airnya terutama dimusim kemarau juga lebih kecil. Untuk menghtung volume tampungan yang diperlukan berdasarkan kebutuhn air (Vn) adalah sebagai berikut :

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s \quad (2)$$

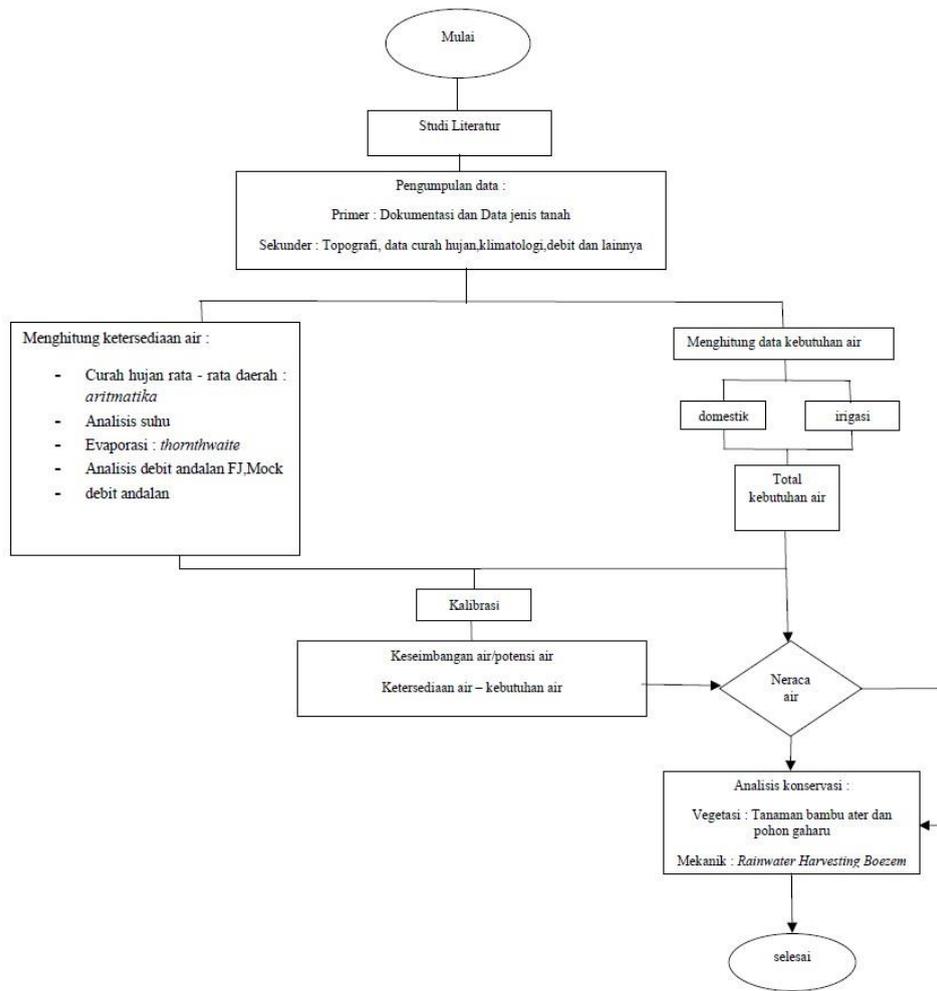
$$V_i = K \times V_u \quad (3)$$

$$V_s = 0,05 \times V_u \quad (4)$$

dengan Vn = volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (m<sup>3</sup>), Vu = volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air (m<sup>3</sup>), Ve = jumlah penguapan dari kolam selama musim kemarau (m<sup>3</sup>), Vi = jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung selama musim kemarau (m<sup>3</sup>), Vs = ruang yang disediakan untuk sedimen (m<sup>3</sup>), K = faktor yang nilainya dari sifat lolos material dasar dan dinding kolam embung atau waduk, nilai K = 10 % bila dasar dan dinding kolam embung rapat air (k<10<sup>-5</sup> cm/dt), nilai K 25% bila dasar dan dinding kolam embung semi lolos air (k = 10<sup>-3</sup> sampai 10<sup>-4</sup> cm/dt).

### 6. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain, pengumpulan data-data primer dan sekunder (data ketersediaan air dan kebutuhan air), melakukan analisis teknis dan analisis lingkungan. Data-data primer dan sekunder yang telah didapat, langkah berikutnya melakukan analisis teknis. Analisis teknis antara lain menghitung: curah hujan rerata daerah (metode Poligon Thiessen), analisis suhu, evapotranspirasi potensial (ETo) (metode *Thornthwaite*), analisis debit (metode FJ. Mock). Perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif sebagai salah satu dasar perhitungan kebutuhan air. Kebutuhan air non irigasi berdasarkan (proyeksi penduduk, kebutuhan air domestik). Setelah ketersediaan air diperoleh dari perhitungan FJ. Mock, maka sebelum melanjutkan perhitungan perlu dikalibrasi dengan debit Kali Lamong kondisi nyata (AWLR). Selisih antara ketersediaan air dengan kebutuhanan air menggambarkan kondisi ketersediaan air pada wilayah penelitian. Jika selisih antara keduanya bernilai positif, maka kondisi ketersediaan air surplus, dan sebaliknya. Dari hasil dasar tersebut dilakukan analisis konservasi sumber daya air (upaya konservasi vegetatif dan mekanik) yang bertujuan menjaga dan melestarikan keberadaan air pada suatu DAS. Analisis konservasi sumber daya air meliputi analisis metode vegetasi dan analisis metode mekanis. Analisis metode vegetasi didasarkan pada luas lahan vegetasi dan potensi sebaran vegetasi. Metode penelitian ini akan disajikan pada diagram alir seperti pada gambar



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 7. PEMBAHASAN

### 1. Curah hujan merata dan suhu

Curah hujan merata yang didapatkan sebesar 158 mm. Stasiun klimatologi Karangploso menjadi acuan dalam menentukan perbedaan suhu dengan ketinggian 575 m diatas permukaan laut (dpl) dan Ketinggian stasiun hujan Lamongan 7,70 m diatas permukaan laut (dpl). Sehingga didapatkan perbedaan suhu sebesar 3,4°C.

### 2. Evapotranspirasi Potensial

Dalam penelitian ini untuk menghitung evapotranspirasi potensial menggunakan metode *Thornthwaite*, dimana nilai evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh temperature udara, intensitas penyinaran matahari dan letak koordinat. Metode ini mengusulkan perhitungan evapotranspirasi potensial dari data suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam penyinarannya adalah 12 jam.

$$ET = 1,62 \times (10 \cdot t^a) a = 1749 \text{ mm}$$

### 3. Analisis Debit FJ Mock

Diambil data pada bulan Januari tahun 2021 dengan menggunakan metode FJ. Mock sebagai berikut:

Tabel 1. Data bulan Januari menggunakan metode FJ

No	Jenis Data	Nilai	Satuan
1	Luas sub DAS	16.100	km <sup>2</sup>
2	Curah Hujan (P)	158,4	mm
3	Jumlah hari hujan (h)	19	hari
4	Koefisien infiltrasi (if)	0,40	
5	Permukaan lahan terbuka (m)	50	%
6	Faktor resesi aliran air tanah (RC)	0,60	
7	Tampungan air tanah permulaan	167	

### 4. Menghitung Surface Run Off (limpasan permukaan)

Limpasan permukaan atau *surface run off* adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan tanah. Fenomena ini

terjadi ketika curah hujan melebihi kapasitas penyerapan tanah (infiltrasi). Air yang tidak dapat terserap ke dalam tanah ini kemudian mengalir mencari jalan terendah, biasanya menuju sungai, danau, atau laut. Analisanya adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278. C.I.A$$

$$Q = 0,278 \times 0,80 \times 5 \times 3,54 = 3,39 \text{ m}^3/\text{detik}$$

### 5. Analisis Keseimbangan Air / Water Balance (Neraca air)

Menghitung Ketersediaan air setiap bulannya, misal pada bulan Januari tahun 2023.

Ketersediaan air = 134.899.167.411 m<sup>3</sup>/dt

Jumlah = 31 hari

Qketersediaan = 134.899.167.411 m<sup>3</sup>/dt x 31 hari x (24x3600) dt/air = 3.61313930,0 m<sup>3</sup>

**Tabel 2. Keseimbangan Air**

Bulan	Total Hari	Total kesediaan air (m <sup>3</sup> )	Kebutuhan Air	
			Domestik m <sup>3</sup> /hari	Non Domestik m <sup>3</sup> /hari
Jan	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Feb	29	1.04781040,0	5.375.288.834,79	2.580.879.975,6555
Mar	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Apr	30	1.0839417,0	5.933.057.415,3	2.669.875.836,885
Mei	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Juni	30	1.0839417,0	5.933.057.415,3	2.669.875.836,885
Juli	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Agust	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Sept	30	1.0839417,0	5.933.057.415,3	2.669.875.836,885
Okto	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145
Nov	30	1.0839417,0	5.933.057.415,3	2.669.875.836,885
Des	31	3.61313930,0	6.130.825.995,81	2.578.871.698,1145

### 6. Analisis Konservasi Sumber Daya Air

Untuk mengatasi defisit air, maka metode konservasi sumber daya air yang dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut:

#### Metode Vegetatif

Berdasarkan jenis tanah dan kedalaman efektif akar tanaman. Nilai kelengasan tanah didapatkan nilai sebagai berikut:

**Tabel 3. Simpanan lengas tanah**

No	Jenis Tanaman	Jenis Tanah	Kedalaman (m)	Kapasitas simpanan air (mm/m)	Simpanan lengas tanah (mm)
1	Bambu Ater	Lempung berpasir (aluvial)	2,00	125,00	250,00
2	Pohon Gaharu	Lempung berpasir (aluvial)	1,70	125,00	212,50

Defisit yang dapat diatasi dengan pohon gaharu pada tahun 2023 yaitu:

$$\text{Luas lahan} \times \text{simpanan lengas tanah} = 3540 \times 212,50 \text{ m} = 752.250 \text{ m}^3$$

Maka, untuk mengatasi defisit air pada tahun 2021 dengan menggunakan pohon gaharu yang ditananam di lahan semak belukar dengan luas 752.250 m<sup>3</sup> menyisakan defisit sebesar 3982 m<sup>3</sup>. Sisa defisit ini nanti akan diatasi dengan penanaman bambu.

#### Metode Mekanis

Dalam merencanakan diperlukan untuk menghitung beberapa komponen berikut :

- Curah hujan rerata ( P ) = 158,4 mm
- Luas area tangkapan waduk ( A ) = 3,54 km /354.0000 mm
- Koefisien *run off* ( C ) = 0,80 mm
- Defisit air = 199,1 - 158,4 = 40,7 mm

### 7. KESIMPULAN

Defisit air terhadap kebutuhan domestik dan non domestik di Sub DAS Kali Lamong terjadi selama 5 bulan (bulan kering), yaitu bulan Juli sampai November. Defisit air di Sub DAS Kali Lamong pada tahun 2023 sebesar 3982 m<sup>3</sup> dan tahun 2024 sebesar 8815 m<sup>3</sup>. Untuk mengatasi defisit air tersebut dilakukan upaya konservasi dengan 2 (dua)

metode, antara lain metode vegetasi dan mekanik. Metode vegetasi meliputi: penanaman pohon gaharu. Metode mekanis antara lain: pemanen air hujan dengan pembangunan waduk/ embung. Luas lahan vegetasi yang dibutuhkan untuk menangani masalah defisit tersebut sampai tahun 2023 antara lain: pohon gaharu seluas 752.250 m<sup>2</sup>. Besar debit andalan tahun 2024 adalah 286.764.441,7395 (L/jiwa/Hari). Sementara itu, jumlah ketersediaan airnya adalah 134.889.167,441 (mm/hari) maka total keseimbangan airnya adalah 134.612.402.969,6 L/hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ak., Harnovinsah, Dr., 2018, Metodologi Penelitian, Universitas Mercu Buana.
- Amirullah, A., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2017). Analisis Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Krueng Mane-Buketrata dengan Consumer Surplus. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 305-316.
- Anonim. (2010). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37
- Ardana, Y., & Syamsiyah, N. (2023). *Perekonomian Indonesia*. Penerbit NEM.
- Asdak, Chay. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Azmeri, A., Legowo, S., & Kridasantausa, I. (2004). Analisis Ketersediaan Air dan Sistem Operasi dengan Metode Dinamik Deterministik (Studi Kasus Waduk Sukawana–Sungai Cimahi). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 11(3), 135-148.
- Bambang Triatmodjo, 2008. “Hidrologi Terapan”. Yogyakarta : Beta Offset
- Deismaya, N. R. (2023). Laporan Pkm-Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Bersih Perumnas Perumdarn Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang.
- Limantara, I. L. M. (2019). *Rekayasa Hidrologi: Edisi Revisi*. Penerbit Andi.
- Paul, J.O., 1984, “System Analysis for Civil Engineering”, University of New Humpshire, Durham-New Hampshire.
- Prastiwi, A., & Utomo, C. (2013). Analisa Investasi Perumahan Green Semanggi Mangrove Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), D191-D196.
- Sosrodarsono S., Takeda K., 2003, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT Paradnya Paramita, Jakarta.
- Wulandari, T., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). Evaluasi Kebutuhan Air Irigasi dan Pola Operasi Embung Malanguko Tumpang Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 63-71. (<https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/5625>)