



ANALISIS KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR BAKU PADA EMBUNG SUNGAI BILAL KABUPATEN NUNUKAN MENGUNAKAN METODE F.J. MOCK

Nurdiansyah¹, Rahmat Faizal*², Aswar Amiruddin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan, Tarakan

e-mail: ¹nurdiansyah0201@gmail.com, *rahmatfaizal@borneo.ac.id

ABSTRACT : *Due to population growth and the region's fast development, domestic and non- domestic water consumption has grown in Nunukan Regency. To meet the clean water demand, the government has built the Bilal River Reservoir, which initiated a study of the Bilal River Reservoir to be carried out to determine the reservoir's reliability in meeting the demand for clean water in line with population growth. This study analyzed water availability and the demand for raw water in the Bilal River Reservoir. In the analysis of water availability, the Modified Penman approach is used to analyze evapotranspiration, while the F.J. Mock method was used to study effective debit. From the analysis of raw water availability using the F.J. Mock with 90% reliability, The biggest Q90 was in January at 119 liters/sec, and the smallest was in December at 15 liters/sec. As well as the results of the largest water demand analysis in 2031 in the West Nunukan Village zone of 19,947 liters/sec and the smallest in 2022 in the Central Nunukan Village zone of 6,249 l/s.*

Keywords: *Bilal River Reservoir, Water Availability, Water Demand, F.J. Method Mock*

ABSTRAK: *Meningkatnya aktivitas penduduk ditambah dengan berkembangnya pembangunan yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan air untuk domestik maupun non domestik yang meningkat di Kabupten Nunukan. Dalam rangka upaya pemenuhan kebutuhan air bersih, pemerintah Kabupaten Nunukan membangun Embung Sungai Bilal. Kajian terhadap Embung Sungai Bilal perlu dilakukan untuk mengetahui keandalan embung dalam memenuhi kebutuhan air bersih sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketersediaan air dan kebutuhan air baku pada Embung Sungai Bilal. Pada analisis ketersediaan air perhitungan Evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi dan Debit Efektif menggunakan metode F.J. Mock. Dari hasil analisis ketersediaan air baku dengan menggunakan metode F.J. Mock dengan keandalan 90%. Q90 terbesar pada bulan Januari sebesar 119 ltr/dtk terkecil pada bulan Desember sebesar 15 ltr/dtk. Serta hasil analisis kebutuhan air terbesar pada tahun 2031 zona Kelurahan Nunukan Barat sebesar 19,947 lt/dtk, terkecil pada tahun 2022 zona Kelurahan Nunukan Tengah sebesar 6,249 lt/dtk.*

Kata kunci: *Embung Sungai Bilal, Ketersediaan Air, Kebutuhan Air, Metode F.J. Mock*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting untuk kehidupan manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan, yang tidak dapat di gantikan oleh substansi lain. Kebutuhan akan air bersih akan terus menerus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun akibat dari pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, sehingga manusia berusaha untuk mencari sumber air yang baik dan terjamin kualitasnya agar dapat memenuhi kebutuhan akan air di masa mendatang (Fajrul & Herdilasari, 2020).

Kabupaten Nunukan, Kabupaten yang memiliki luas wilayah 14.247,50 km² dan jumlah penduduk sebanyak 119.699 jiwa Berdasarkan Sensus Penduduk Tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020). Meningkatnya aktivitas penduduk ditambah dengan berkembangnya pembangunan yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan air untuk domestik maupun non domestik yang meningkat. Kebutuhan air terus meningkat, sedangkan ketersediaan air jumlahnya relatif tetap bahkan cenderung semakin berkurang, sehingga ketersediaan akan air juga harus dipantau agar dapat memenuhi kebutuhan air (Chairani, 2019). Riani dkk (2020) mengatakan masih banyak wilayah yang tidak terlayani oleh pelayanan air baku dari PDAM. Antisipasi kekurangan dan kelangkaan air di musim kemarau, embung di bangun untuk menampung kelebihan air di musim hujan dan nantinya akan dapat di pergunakan pada saat kekurangan air pada saat musim kemarau.

Embung di Kabupaten Nunukan yang efektif beroperasi yang digunakan sebagai kebutuhan air baku, Embung Se'i Bolong di Nunukan, Embung Bilal di Nunukan, dan persiapan Embung Se'i Fatimah Nunukan, mengenai ketersediaan air baku di Kabupaten Nunukan sangat siap, meskipun ada beberapa kendala yang di temukan di lapangan seperti sumber mata air yang minim kebocoran dan berbagai gangguan lainnya (Masdi, 2022). IPA Sungai Bilal secara khusus menerima suplai air dari Embung Sungai Bilal. Kapasitas pengolahannya mencapai 40 sampai 50 liter per detik. Meski begitu hasil tersebut, tetap disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Kebutuhan dan ketersediaan akan air masih tecukupi untuk saat ini terkhusus pada Embung Sungai Bilal (Amin, 2022). Kenyataannya tidak ada keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air upaya pengkajian di perlukan untuk mencapai keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di masa mendatang. Peningkatan kebutuhan air bersih tidak sejalan dengan ketersediaan air baku yang cukup sehingga perlu diketahui ketersediaan air bersih untuk masa sekarang dan yang akan datang. dengan menggunakan metode Dr. F.J Mock Metode tersebut banyak diterapkan untuk memprediksi data aliran, terutama untuk interval waktu yang cukup panjang.

Penelitian mengenai Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Baku sendiri sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pertami (2021) dalam Faizal dkk (2023) dengan judul Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih IPA Kampung Bugis PDAM Kota Tarakan dengan Metode NRECA diperoleh Q80 terbesar dibulan Januari 0,4016 m³/dtk dan terkecil di bulan Agustus 0,2180 m³/dtk, untuk Tarakan Barat pada tahun 2035 jumlah penduduk berkisar 152.168 jiwa dan kebutuhan air bersih berkisar 326.153 lt/dtk dan untuk Tarakan Tengah pada tahun 2035 jumlah penduduk berkisar 136.215 jiwa dan kebutuhan air bersih berkisar 285.842 lt/dtk. Perbedaan penelitian ini terletak pada lokasi penelitian, dan metode yang di gunakan. Sari (2020) dengan judul Analisis Ketersediaan Air Baku Pada Embung Binalatung Berdasarkan Kajian Hidrologi Dari hasil analisis ketersediaan air dengan menggunakan metode F.J. Mock dengan Debit Andalan Q80 dengan kebutuhan air yang dibutuhkan 250 Ltr/dtk, Jumlah total debit sebanyak 8,352 m³/det, debit terbesar pada bulan desember sebesar 1,199 m³/det, dan debit terendah yaitu pada bulan Juni sebesar -0,073 m³/dtk. Perbedaan penelitian ini terletak pada lokasi penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Embung Sungai Bilal Kabupaten Nunukan yang terletak di Jl. Iskandar Muda Kel Nunukan Barat Kecamatan Nunukan Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara secara geografis terletak di 4°07'37''N 117°38'23''E. Embung Sungai Bilal sendiri menyuplai air pada IPA Sungai Bilal dan distribusikan ke Kelurahan Nunukan Barat, Kelurahan Nunukan Timur, Kelurahan Nunukan Utara, Kelurahan Nunukan Tengah yang disesuaikan pada zona pelayanan IPA Sungai Bilal.

2.1. Analisis Ketersediaan Air

Dalam menganalisis ketersediaan air di gunakan metode DR. FJ. Mock Merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung debit andalan berdasarkan analisa keseimbangan air. Metode ini menjelaskan hubungan *run off* dengan curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan penyimpanan di dalam tanah (Kaka, 2020). langkah perhitungan debit andalan metode DR. F.J.Mock

dengan menghitung evapotranspirasi potensial, hitung limited evapotranspirasi, hitung *water balance*, hitung aliran dasar dan limpasan langsung.

2.1.1. Evapotranspirasi

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial menggunakan metode Penman Modifikasi Metode ini memerlukan input data meteorologi berupa, temperatur, kelembapan udara, radiasi matahari dan kecepatan angin 10 tahun terakhir. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$E_{to} = c. (w . R_n + (1 - w) . f(u).(E_a - E_d)) \quad (1)$$

Dimana :

- E_{to} = Evapotranspirasi (mm/hari) ;
- c = Faktor koreksi akibat keadaan iklim siang dan malam
- R_n = Total radiasi bersih (mm/hari);
- $f(u)$ = Fungsi kecepatan angin $0,27(1+u/100)$
- $(1-w)$ = Faktor bobot yang dipengaruhi oleh angin dan kelembaban
- w = Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah;
- $(E_a - E_d)$ = Selisih tekanan uap jenuh dengan tekanan uap nyata

Hubungan antara Evapotranspirasi potensial dengan Evapotranspirasi aktual dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$E = E_p. (m/20).(18-n) \quad (2)$$

$$E_t = E_p - E \quad (3)$$

Dimana :

- E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm)
- E_p = Evapotranspirasi potensial (mm)
- n = Jumlah hari hujan dalam sebulan
- m = Singapan lahan (Exposed Surface %)
- m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat.
- m = 0% pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder.
- m = 10-40% untuk lahan yang tererosi.
- m = 30-50% untuk lahan pertanian yang diolah.

2.1.2. Menghitung kelebihan air (*water surplus*)

Menghitung kelebihan air (*water surplus*) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = P - E_t \quad (4)$$

Dimana:

- A_s = Air hujan yang mencapai permukaan tanah/ hujan efektif (mm/bln)
- P = Curah hujan bulanan (mm/bln)
- E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm)

2.1.3. Menghitung nilai infiltrasi (I)

Menghitung nilai infiltrasi dapat menggunakan persamaan 5 dengan nilai koefisien infiltrasi yang digunakan sebesar 0,4.

$$I = WS \times I_f \quad (5)$$

Dimana:

- I = Nilai Infiltrasi
 I_f = Koefesien Infiltrasi
 WS = Water surplus (mm/bln)

2.1.4. Menghitung kandungan air tanah bulan ke-n (V_n)

Diketahui besarnya penyimpanan air tanah tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk memulai sebuah simulasi yaitu harus menentukan penyimpanan awal (initial storage) terlebih dahulu. Sebagai contoh daerah pengaliran kecil yang mana kondisi geologi lapisan bawah adalah tidak tembus air dan mungkin tidak ada air disungai pada musim kemarau, maka penyimpanan air tanah menjadi nol. Dengan Persamaan sebagai berikut :

$$V_n = k.V(n-1) + 0,5(I + k)I \quad (6)$$

Dimana:

- V_n = Volume air tanah bulan ke n (mm/bln)
 k = Faktor resesi aliran tanah sebesar 0,6
 $V(n-1)$ = Volume air tanah bulan ke (n-1)
 I = Infiltrasi (mm/bln)

2.1.5. Menghitung nilai perubahan kandungan air tanah bulan ke-n

Perubahan kandungan air tanah adalah selisih antara kandungan air tanah bulan yang ditinjau dengan kandungan air tanah bulan sebelumnya.

$$\Delta V_n = V_n - V(n-1) \quad (7)$$

Dimana :

- ΔV_n = Perubahan volume aliran air tanah (mm/bln)
 $V(n-1)$ = Volume air tanah bulan ke (n-1)
 V_n = Volume air tanah bulan ke n (mm/bln)

2.1.6. Menghitung nilai aliran dasar (BF)

Menghitung nilai aliran dasar dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$BF = I - \Delta V_n \quad (8)$$

Dimana :

- BF = Base flow (mm/bln)
 I = Infiltrasi (mm/bln)
 ΔV_n = Perubahan volume aliran air tanah (mm/bln)

2.1.7. Menghitung storm run off (SRO)

Menghitung storm run off dapat menggunakan persamaan 9 dengan nilai faktor persentase (PF) yang digunakan sebesar 0,075.

$$SRO = P \times PF \quad (9)$$

Dimana :

- SRO = Storm run off (mm/bln)
 P = Curah hujan bulanan
 PF = Faktor Presentase

2.1.8. Menghitung nilai direct run off (DRO)

Menghitung nilai direct run off dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$DRO = WS - I \quad (10)$$

Dimana :

DRO = Direct run off (mm/bln)

WS = Water Surplus (mm/bln)

I = Infiltrasi (mm/bln)

2.1.9. Menghitung total run off (TRO)

Menghitung total run off dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TRO = SRO + DRO + BF \quad (11)$$

Dimana :

TRO = Total run off (mm/bln)

SRO = Storm run off (mm/bln)

DRO = Direct run off (mm/bln)

BF = Base flow (mm/bln)

2.1.10. Menghitung nilai debit aliran rata-rata (Q)

Menghitung nilai debit aliran rata-rata dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{TRO \times Chatchment Area}{1 \text{ bulan dalam ltr/dtk}} \quad (12)$$

Dimana :

Q = Effective discharge (m³/dtk)

TRO = Total run off (mm)

1 bulan (ltr/dtk) = Jumlah hari dalam 1 bln x 60 (dtk) x 60 (mnt) x 24 (jam)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Ketersediaan Air

3.1.1. Evapotranspirasi

Hasil perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat pada Tabel 1 yang merupakan rekapitulasi perhitungan evapotranspirasi potensial pada tahun 2012 hingga tahun 2021 dengan menggunakan metode penman modifikasi.

Tabel 1 Rekapitulasi perhitungan evapotranspirasi potensial tahun 2012 hingga tahun 2021 (mm/hari)

Tahun	Bulan (mm/hari)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2012	4,202	4,930	4,221	4,556	4,240	3,930	3,890	4,930	4,762	5,173	4,768	4,666
2013	4,681	5,277	5,853	4,300	3,975	3,837	3,738	4,334	5,343	4,938	4,858	5,064
2014	4,927	6,020	6,077	5,140	4,671	3,881	3,938	4,688	5,341	5,398	5,449	4,656
2015	4,623	6,280	5,633	5,403	4,591	3,786	4,412	4,836	4,808	5,138	5,331	6,006
2016	6,020	6,802	6,193	5,574	4,225	3,708	4,301	4,804	5,046	4,520	5,002	4,795
2017	4,637	5,052	4,823	4,503	4,012	3,397	3,827	4,378	4,635	4,948	5,058	4,374
2018	4,441	5,739	5,281	4,252	4,378	3,959	3,680	4,969	5,227	5,373	5,432	4,564
2019	5,277	7,138	6,228	4,953	4,590	3,815	3,842	4,896	5,860	5,789	5,933	4,966
2020	5,122	6,621	5,540	5,282	4,392	3,805	3,956	4,775	4,907	4,394	5,090	4,636
2021	4,238	5,240	5,043	4,380	3,890	3,934	3,873	4,622	4,559	5,442	4,640	4,680

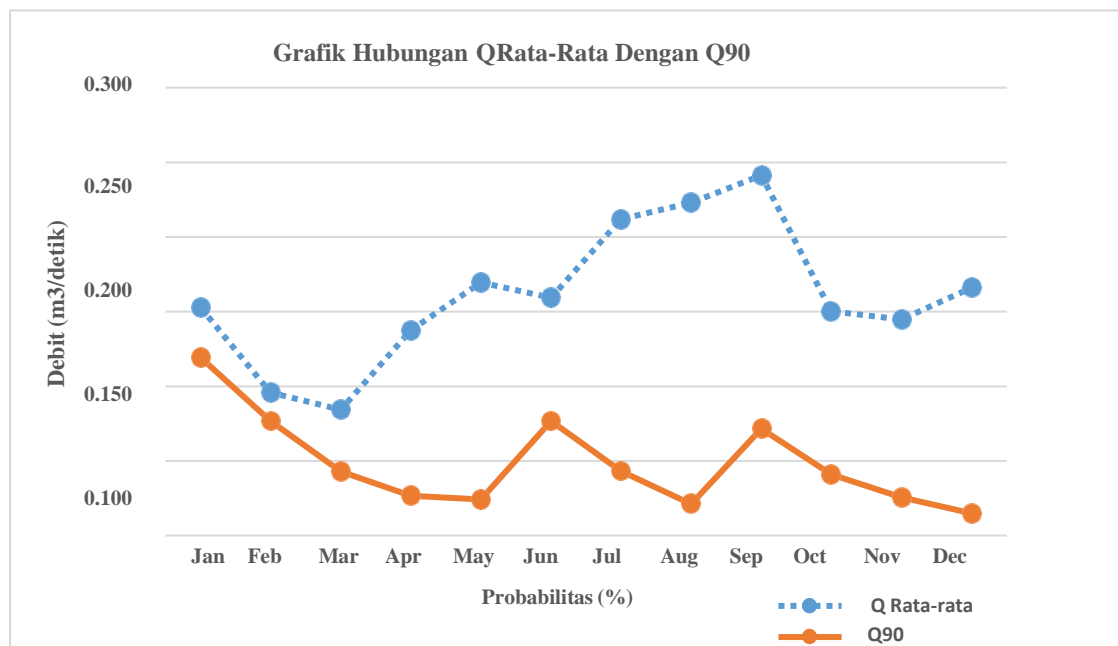
Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

3.1.2. Debit efektif menggunakan Metode F.J Mock

Perhitungan ini menggunakan prinsip Water Balance dari Dr. F.J. Mock. Hasil perhitungan debit efektif pada tahun 2012 hingga tahun 2021 dapat dilihat pada lampiran 1

3.1.3. Debit Andalan

Nilai Q90 terbesar di bulan Januari sebesar 0,119 m³/dtk dengan Qrata-rata terbesar pada bulan September sebesar 0,241 m³/dtk kemudian nilai Q90 terkecil di bulan Desember sebesar 0,084 m³/dtk dengan Qrata-rata terkecil di bulan Maret sebesar 0,084 m³/dtk. Gambar 2 merupakan rekapitulasi debit bulanan pada Embung Sungai Bilal dengan hubungan Qrata-rata dengan Q90.



Gambar 2 Grafik Hubungan Qrata-rata dengan Q90

3.2. Analisis Kebutuhan Air

Tujuan dari proyeksi kebutuhan air baku ini adalah untuk memperhitungkan besarnya air yang di butuhkan untuk masa yang akan datang yaitu 10 tahun kedepan terhitung dari tahun 2022-2031 di zona pelayanan air baku IPA Sungai Bilal disesuaikan dengan jalan pada Kelurahan Nunukan Barat, Nunukan Utara, Nunukan Timur, dan Nunukan Tengah.

3.2.1. Proyeksi Penduduk

Perhitungan jumlah penduduk diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan metode aritmatik dengan standar deviasi terkecil. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Metode Aritmatik

No	Tahun	Metode Aritmatik			
		Kelurahan Nunukan Barat	Kelurahan Nunukan Utara	Kelurahan Nunukan Timur	Kelurahan Nunukan Tengah
1	2022	8833	5296	6087	3968
2	2023	8927	5346	6122	3994
3	2024	9021	5395	6157	4020

No	Tahun	Metode Aritmatik			
		Kelurahan Nunukan Barat	Kelurahan Nunukan Utara	Kelurahan Nunukan Timur	Kelurahan Nunukan Tengah
4	2025	9116	5444	6192	4046
5	2026	9210	5494	6228	4072
6	2027	9304	5543	6263	4098
7	2028	9398	5592	6298	4124
8	2029	9493	5642	6333	4151
9	2030	9587	5691	6368	4177
10	2031	9681	5740	6403	4203

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

3.2.2. Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik

Pada pelayanan IPA Sungai Bilal kebutuhan air domestic hanya melayani untuk SR saja tidak melayani untuk Hidran Umum (HU). Kebutuhan air non domestik mencakup sarana dan prasarana pendidikan, prirbadatan, kesehatan, layanan publik, industry, kantor pemerintahan, wisata, dan layanan publik. Berikut Tabel 3 merupakan hasil perhitungan kebutuhan air domestik dan non domestik dari tahun 2022 hingga tahun 2031.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik Tahun 2022-2031

Tahun	Kebutuhan Air Domestik (l/dtk)				Kebutuhan Air Non Domestik (l/dtk)			
	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah
2022	7,775	5,517	6,341	4,822	1,326	0,419	0,818	0,386
2023	10,074	6,496	7,440	5,249	1,329	0,423	0,821	0,388
2024	10,963	7,493	8,552	5,723	1,351	0,444	0,842	0,407
2025	11,869	8,034	9,138	5,971	1,354	0,447	0,845	0,409
2026	12,791	8,584	9,731	6,363	1,376	0,468	0,866	0,428
2027	13,730	8,661	9,785	6,404	1,445	0,537	0,935	0,496
2028	14,685	8,738	9,840	6,445	1,466	0,558	0,956	0,516
2029	14,832	8,815	9,895	6,485	1,470	0,562	0,959	0,518
2030	14,980	8,892	9,950	6,526	1,491	0,583	0,980	0,537
2031	15,127	8,969	10,005	6,567	1,495	0,586	0,983	0,539

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

3.2.3. Total Kebutuhan Air

Dapat dilihat pada lampiran 2 kebutuhan air terbesar pada tahun 2031 zona Kelurahan Nunukan Barat sebesar 19,947 lt/dtk, terkecil pada tahun 2022 zona Kelurahan Nunukan Tengah sebesar 6,249 lt/dtk.

3.2.4. Fluktuasi Pemakaian Air

Kebutuhan air pada jam puncak (Q_{jp}). Besaran nilai kebutuhan air pada jam puncak adalah 1,5 (Kriteria Perencanaan Air Bersih Dirjen Cipta Karya Dinas PU) Kebutuhan air maksimum (Q_{hm}) besaran nilai air hari maksimum adalah 1,1. Dapat di lihat lampiran 3 hasil perhitungan fluktuasi pemakaian air.

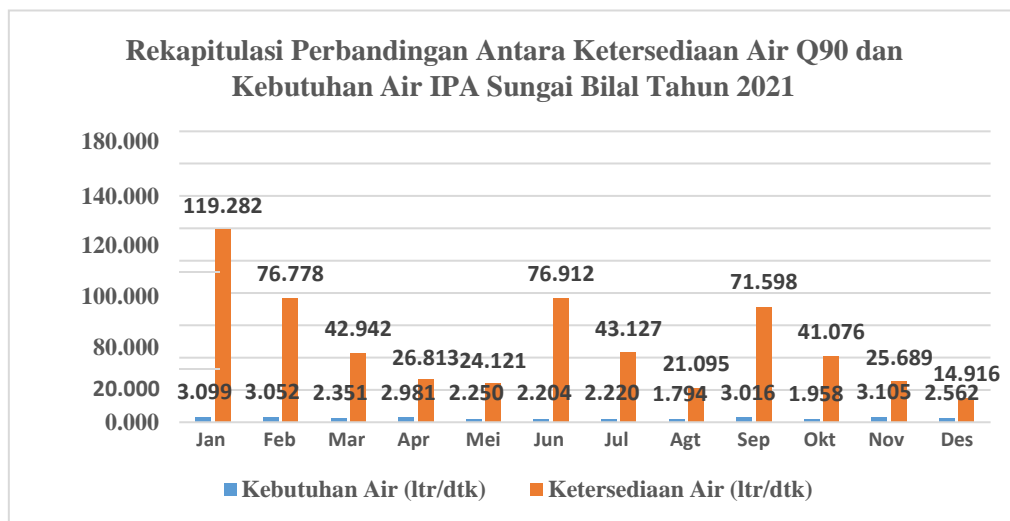
3.3. Analisis Imbangan Air

Data kebutuhan air diperoleh dari PDAM Kabupaten Nunukan yang disesuaikan pada zona pelayanan, data yang digunakan yaitu data bulanan kebutuhan air pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember pada tahun 2021, data kebutuhan air disetiap bulannya disesuaikan pada zona pelayanan

dibandingkan dengan perhitungan ketersediaan air dengan keandalan 90%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4.

3.4. Perbandingan Antara Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air

Sebagai contoh perbandingan kebutuhan air dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember tahun 2021 data kebutuhan air diperoleh dari PDAM Kabupaten Nunukan, dengan ketersediaan air dengan keandalan 90% merupakan hasil perhitungan debit andalan Q90. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi yang terjadi pada Ketersediaan Air pada embung Sungai Bilal dan kebutuhan air untuk pelayanan apakah jumlah debit airnya bersifat surplus, seimbang, atau defisit. Dapat dilihat pada Gambar 3 total ketersediaan air lebih besar dari kebutuhan air sehingga pada tahun 2021 disetiap bulannya masi mencukupi kebutuhan air.



Gambar 3 Rekapitulasi Perbandingan Antara Ketersediaan Air Q90 dan Kebutuhan Air IPA Sungai Bilal Tahun 2021

4. KESIMPULAN

Pada hasil analisis ketersediaan air baku pada IPA Sungai Bilal yang bersumber dari embung Sungai Bilal dihitung dengan menggunakan metode F.J. Mock dan keandalan debit 90% diperoleh Q90 terbesar di bulan Januari sebesar 0,119 m³/dtk dengan Qrata-rata terbesar pada bulan September sebesar 0,241 m³/dtk kemudian nilai Q90 terkecil di bulan Desember sebesar 0,015 m³/dtk dengan Qrata-rata terkecil di bulan Maret sebesar 0,084 m³/dtk, sedangkan pada hasil analisis kebutuhan air baku yang disesuaikan pada zona pelayanan IPA Sungai Bilal Kabupaten Nunukan, perhitungan jumlah penduduk diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan metode aritmatik dengan standar deviasi terkecil. Dari hasil perhitungan kebutuhan air pada jumlah penduduk diperoleh jumlah kebutuhan air sector yang kemudian dikalikan dengan kehilangan air sebesar 20% sehingga total kebutuhan air baku mengalami peningkatan setiap tahun hingga tahun 2031 zona kelurahan Nunukan Barat mencapai 19,947 lt/dtk, Nunukan Utara 11,466 lt/dtk, Nunukan Timur 13,186 lt/dtk, dan Nunukan Tengah 8,527 lt/dtk.

DAFTAR PUSTAKA

Chairani, Risky. (2019). *Analisis Ketersediaan Air Dengan Metode F.J. Mock Pada Daerah Aliran Sungai Babura*. Skripsi. Teknik Lingkungan, Universitas Sumatera Utara.

- Dwi, Oktaviani. (2017). *Estimasi Analisis Ketersediaan Air Pada Embung Se'i Bolong Persemaian Kabupaten Nunukan*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan
- Faizal, R., Firdaus, W., Amiruddin, A., 2023. *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Baku Embung Bolong Kabupaten Nunukan Menggunakan Metode NRECA*. Civil Engineering Scientific Journal. 2 (2) .Universitas Borneo Tarakan
- Kaka, Venansius Zeingo. (2020). *Analisis Debit Andalan Pada Derah Irigasi Konga Dengan Menggunakan Metode Nreca dan Metode F.J Mock*. Teknik Sipil, FST, UNDANA
- Lukman, H, L., & Hardilasari. 2020. *Tinjauan Analisis Ketersediaan Air untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kampus Ma'Had Al-Birr Universitas Muhammadiyah Makassar*. Skripsi. Jurusan Sipil Pengairan. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Mock, F.J., (1973). *Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal, Report Prepared for the Land Capability Appraisal Project*, Bogor-Indonesia.
- Pertami, Sutika Surya Indah. (2021). *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih IPA Kampung Bugis PDAM Kota Tarakan Dengan Menggunakan Metode Nreca Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan*
- Riani, S., Dewanti, A, N., & Prasaningtyas, A., (2020). *Analisis Kebutuhan Air Baku Kecamatan Samboja Tahun 2020*. Perencanaan Wilayah dan Kota, Balikpapan, Indonesia.
- Sari, Ulfa. (2020). *Analisis Ketersediaan Air Baku Pada Embung Binalatung Berdasarkan Kajian Hidrologi*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *"Hidrologi Terapan"*. Yogyakarta : Beta Offset.

Lampiran 1

Rekapitulasi perhitungan debit efektif pada tahun 2012 hingga tahun 2021 (m³/detik)

Tahun	Bulan (m ³ /detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2012	0,119	0,088	0,230	0,075	0,327	0,177	0,157	0,227	0,327	0,297	0,276	0,219
2013	0,119	0,079	0,043	0,130	0,070	0,143	0,176	0,362	0,098	0,072	0,183	0,056
2014	0,119	0,079	0,043	0,302	0,070	0,160	0,351	0,268	0,139	0,052	0,187	0,139
2015	0,146	0,085	0,046	0,029	0,248	0,201	0,082	0,040	0,297	0,056	0,035	0,020
2016	0,119	0,077	0,043	0,027	0,189	0,102	0,157	0,514	0,477	0,325	0,133	0,329
2017	0,238	0,099	0,225	0,237	0,114	0,090	0,185	0,272	0,250	0,174	0,095	0,276
2018	0,119	0,079	0,043	0,127	0,209	0,113	0,370	0,182	0,226	0,079	0,242	0,200
2019	0,189	0,089	0,049	0,030	0,200	0,374	0,296	0,202	0,069	0,040	0,025	0,014
2020	0,233	0,094	0,053	0,033	0,019	0,155	0,039	0,019	0,339	0,288	0,074	0,185
2021	0,126	0,190	0,069	0,386	0,248	0,075	0,306	0,144	0,191	0,120	0,199	0,221
Q Rata-Rata	0,153	0,096	0,084	0,138	0,170	0,159	0,212	0,223	0,241	0,150	0,145	0,166

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

Lampiran 2

Rekapitulasi Total Kebutuhan Air Pada Kelurahan Nunukan Barat, Nunukan Utara, Nunukan Timur, dan Nunukan Tengah Tahun 2022-2031

Tahun	Kebutuhan Air Sector (l/dtk)				Kehilangan Air 20% (l/dtk)				Total Kebutuhan Air (l/dtk)			
	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah
2022	9,100	5,936	7,158	5,208	1,820	1,187	1,432	1,042	10,921	7,124	8,590	6,249
2023	11,403	6,919	8,261	5,637	2,281	1,384	1,652	1,127	13,684	8,303	9,913	6,764
2024	12,314	7,937	9,393	6,130	2,463	1,587	1,879	1,226	14,777	9,524	11,272	7,356
2025	13,224	8,481	9,983	6,380	2,645	1,696	1,997	1,276	15,868	10,178	11,980	7,656
2026	14,167	9,052	10,596	6,791	2,833	1,810	2,119	1,358	17,000	10,862	12,716	8,150
2027	15,175	9,198	10,720	6,900	3,035	1,840	2,144	1,380	18,210	11,038	12,865	8,280

Tahun	Kebutuhan Air Sector (l/dtk)				Kehilangan Air 20% (l/dtk)				Total Kebutuhan Air (l/dtk)			
	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah	Nunukan Barat	Nunukan Utara	Nunukan Timur	Nunukan Tengah
2028	16,151	9,296	10,796	6,960	3,230	1,859	2,159	1,392	19,382	11,156	12,955	8,352
2029	16,303	9,377	10,854	7,003	3,261	1,875	2,171	1,401	19,563	11,252	13,025	8,404
2030	16,471	9,475	10,930	7,063	3,294	1,895	2,186	1,413	19,765	11,370	13,116	8,476
2031	16,622	9,555	10,988	7,106	3,324	1,911	2,198	1,421	19,947	11,466	13,186	8,527

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

Lampiran 3

Hasil Fluktuasi Pemakaian Air Zona Kelurahan Nunukan Barat, Nunukan Utara, Nunukan Timur dan Nunukan Tengah, Tahun 2022-2031

Tahun	Kelurahan Nunukan Barat			Kelurahan Nunukan Utara		
	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp (l/dtk)	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp (l/dtk)
2022	10,921	12,013	16,381	7,124	7,836	10,685
2023	13,684	15,052	20,526	8,303	9,133	12,455
2024	14,777	16,254	22,165	9,524	10,476	14,286
2025	15,868	17,455	23,802	10,178	11,195	15,266
2026	17,000	18,700	25,501	10,862	11,948	16,293
2027	18,210	20,031	27,316	11,038	12,142	16,557
2028	19,382	21,320	29,073	11,156	12,271	16,733
2029	19,563	21,519	29,345	11,252	12,377	16,878
2030	19,765	21,742	29,648	11,370	12,507	17,055
2031	19,947	21,941	29,920	11,466	12,613	17,200

Tahun	Kelurahan Nunukan Timur			Kelurahan Nunukan Tengah		
	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp (l/dtk)

Tahun	Kelurahan Nunukan Barat			Kelurahan Nunukan Utara		
	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp (l/dtk) (l/dtk)	Kebutuhan Air (l/dtk)	Hari Maksimum Qhm (l/dtk)	Jam Puncak Qjp (l/dtk)
2022	8,590	9,449	13,400	6,249	6,874	9,374
2023	9,913	10,905	15,465	6,764	7,441	10,146
2024	11,272	12,399	17,585	7,356	8,092	11,034
2025	11,980	13,178	18,688	7,656	8,422	11,484
2026	12,716	13,987	19,836	8,150	8,965	12,225
2027	12,865	14,151	20,069	8,280	9,108	12,420
2028	12,955	14,251	20,210	8,352	9,188	12,529
2029	13,025	14,328	20,319	8,404	9,244	12,606
2030	13,116	14,427	20,461	8,476	9,323	12,714
2031	13,186	14,504	20,570	8,527	9,380	12,791

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023

Lampiran 4

Hasil Imbangan Air Zona Kelurahan Nunukan Barat, Nunukan Utara, Nunukan Timur, dan Nunukan Tengah, Kebutuhan Air Pada Tahun 2021
Disetiap Bulan dengan Ketersediaan Air Q90

Bulan	Kelurahan Nunukan Barat	Kelurahan Nunukan Utara	Kelurahan Nunukan Timur	Kelurahan Nunukan Tengah	Total Kebutuhan Air (ltr/dtk)	Ketersediaan Air Q ₉₀	Surplus/Defisit
	Kebutuhan Air	Kebutuhan Air	Kebutuhan Air	Kebutuhan Air		(ltr/dtk)	
	(ltr/dtk)	(ltr/dtk)	(ltr/dtk)	(ltr/dtk)		(ltr/dtk)	
Januari	1,897	0,578	0,387	0,237	3,099	119,282	116,183
Febuari	0,776	0,679	1,021	0,576	3,052	76,778	73,726
Maret	0,698	0,687	0,634	0,332	2,351	42,942	40,591
April	1,678	0,251	0,276	0,776	2,981	26,813	23,832
Mei	0,635	0,345	0,585	0,685	2,250	24,121	21,871
Juni	0,576	0,576	0,576	0,476	2,204	76,912	74,708
Juli	1,435	0,201	0,342	0,242	2,220	43,127	40,907
Agustus	0,564	0,546	0,542	0,142	1,794	21,095	19,301
September	1,324	0,560	0,566	0,566	3,016	71,598	68,582
Oktober	0,194	0,770	0,697	0,297	1,958	41,076	39,118
November	0,104	0,567	1,367	1,067	3,105	25,689	22,584
Desember	0,101	0,987	0,987	0,487	2,562	14,916	12,354

Sumber : Hasil Pengolahan, 2023