



ANALISIS DEBIT KETERSEDIAAN AIR DI DAS BALO BATAM

JODY MARTIN GINTING

Teknik Sipil Universitas Internasional Batam
Email: jodymginting@gmail.com

ABSTRACT

The rapid of technology development has led to the development of Smart City throughout Indonesia. Batam is one of the cities that is aggressively preparing for this. One of the actions taken is to prepare the availability of clean water that is suitable for all its citizens. This study's goal is to ascertain the water availability discharge in the Balo watershed and in what month the excess water discharge occurs so that later the community can utilize water or anticipate excess water in that month. In addition, the community can also anticipate which months there is no water availability. Research methods in this study were using the research methods of quantitative survey. The study's data set includes rainfall data for 10 years from the rain station of the Climatology, Meteorology and Geophysics Agency (BMKG) located at Hang Nadim Airport Batam and the information on the physical attributes of the Balo watershed from the Batam Watershed Management Agency (BPDAS) and the National Land Agency (BPN) Batam City. This study's findings are the best water availability discharge data in a year in Balo watershed occurs in November and the lowest in February and March. The largest availability discharge were 1.963 m³/second and the lowest were 0 m³/second. The results of this calculation are expected for community use or the ability of the local administration to prepare for the availability of potable water or the mitigation of drought disasters in Batam City or the Balo watershed.

Keywords: availability, batam, mitigation, rainfall, water.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin cepat menyebabkan perkembangan Smart City di seluruh Indonesia semakin digencarkan. Batam adalah salah satu kota yang gencar dalam mempersiapkan hal tersebut. Salah satunya adalah dengan mempersiapkan ketersediaan air bersih yang layak untuk seluruh warganya. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk menghitung debit air yang tersedia di DAS Balo dan pada bulan berapa debit air berlebih terjadi sehingga nantinya masyarakat dapat memanfaatkan air atau mengantisipasi air yang berlebih pada bulan tersebut. Selain itu, masyarakat juga dapat mengantisipasi bulan berapa saja yang tidak ada ketersediaan air. Metode Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode kuantitatif penelitian survei. Penelitian ini menggunakan data dari stasiun hujan BMKG selama sepuluh (10) tahun yang berlokasi di Bandara Hang Nadim yang berada di Kota Batam dan data karakteristik fisik DAS Balo dari BPDAS Batam dan BPN Kota Batam. Hasil dari penelitian ini adalah data debit ketersediaan air tertinggi dalam setahun di DAS Balo terjadi di November dan mencapai titik yang paling kecil di Bulan Februari dan Maret. Debit ketersediaan terbesar sebesar 1,963 m³/detik dan terendah sebesar 0 m³/detik. Hasil perhitungan ini diharapkan dapat digunakan masyarakat atau pemerintah daerah untuk dapat merencanakan ketersediaan air bersih atau mitigasi bencana kekeringan di DAS Balo Kota Batam.

Kata kunci: air, batam, hujan, ketersediaan, mitigasi.



1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin cepat menyebabkan perkembangan Smart City di seluruh Indonesia semakin digencarkan. Smart city merupakan sebuah kemajuan besar dalam mengembangkan kota negara dengan dasar teknologi informasi dan komunikasi (TIK) (Hasibuan & Sulaiman, 2019). Pembangunan kota yang pintar bertujuan untuk memperbaiki nilai hidup orang dengan mempelajari teknologi dan data perkotaan untuk meningkatkan layanan dan memenuhi kebutuhan warga. (Utomo & Hariadi, 2016). Salah satu yang menjadi pelayanan pemerintah adalah dari segi ketersediaan air untuk seluruh warga.

Salah satu komponen dari alam yang begitu penting untuk keberlangsungan hidup makhluk hidup, terutama manusia, adalah air. (Sr et al., 2022). Air digunakan dalam berbagai bagian kehidupan, seperti pertanian, perkebunan, perumahan, industri, pariwisata, dan sebagainya, selain untuk kebutuhan minum dan rumah tangga (Admadhani et al., 2012). Di Kota Batam yang merupakan negara kepulauan, ketersediaan air secara keseluruhan hanya berasal dari hujan yang ditampung. Dalam pengembangannya menuju Smart City, tentunya diperlukan persiapan air yang baik sehingga tidak terjadi kekurangan air di Kota Batam. Fokus studi ini adalah untuk melakukan analisis seberapa besar air yang tersedia di salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) di Batam, khususnya DAS Balo. Pemilihan DAS Balo dikarenakan data hujan terlengkap ada di daerah tersebut.

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian terkait analisis air yang tersedia di sekitar DAS Balo. Tujuan dari studi ini antara lain untuk menghitung debit air yang tersedia di DAS Balo serta pada bulan berapa debit air berlebih terjadi sehingga nantinya masyarakat dapat memanfaatkan air atau mengantisipasi air yang berlebih pada bulan tersebut. Selain itu, masyarakat juga dapat mengantisipasi bulan berapa saja yang tidak ada ketersediaan air.

2 TINJAUAN PUSTAKA

A. Curah Hujan

Menurut A. Kurniawan (2020), tingkat kedalaman presipitasi atau hujan sangat penting untuk rekayasa teknik, terutama bangunan dengan konsep air seperti bendungan, Pelabuhan, irigasi, drainase kota, dermaga, dan lainnya. Presipitasi, juga dikenal sebagai hujan, merupakan jatuhnya air dari lapisan atmosfer menuju permukaan yang ada di bumi serta dapat berbentuk seperti kabut, salju, es, dan embun (Triatmodjo, 2015)(Utama, 2018).

B. Analisis Curah Hujan

Pengumpulan data-data diatas memiliki panjang seri data selama 10 (sepuluh) tahun (Wiliya & Lasminto, 2022). Data-data tersebut disusun secara per periode 15 (lima belas) hari atau disusun dalam sebulan terdapat dua periode. Analisa curah hujan untuk menghitung hujan rata-rata bulanan secara umum menggunakan metode aritmatika yaitu(Munajad & Suprayogi, 2014):

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (1)$$

Dimana:

P = Rata-rata dari kedalaman hujan (mm/bulan)

n = Banyaknya data

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = Presipitasi atau Curah Hujan (mm/bulan)

C. Analisis Uji RAPS

Metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* atau disebut dengan Uji RAPS adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur konsistensi dari suatu data hujan (Paraga et al., 2020). Proses ini dibuat agar dapat menguji apakah data hujan yang sudah dikumpulkan layak untuk digunakan pada analisis perhitungan (Zufrimar & Zainal Edwina, 2020). Jika ada kesalahan maka data harus diskala ulang agar menyesuaikan dengan data lainnya karena kumpulan data tersebut masih tidak konsisten. Persamaan untuk uji RAPS dapat diuraikan pada beberapa persamaan.

$$S_0^* = 0 \quad (2)$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y) \quad (3)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy} \quad (4)$$

Dengan

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y)^2}{n} \quad (5)$$

$$K = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

Dimana:

Y_i = Data dari curah hujan pada i

Dy = Simpangan rata-rata

Y = Data dari curah hujan rata-rata

N = Jumlah dari data yang tersedia

Menurut Sri Harto Br (2009), nilai Q dan nilai R dapat dikontrol dengan menggunakan tabel berikut.

Tabel 2.1 Nilai Statistik Q dan R

N	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	01.05	01.14	01.29	01.21	01.28	01.38
20	01.01	01.22	01.42	01.34	01.43	01.06
30	01.12	01.24	01.46	01.04	01.05	01.07
40	01.13	01.26	01.05	01.42	01.53	0,093056
50	01.14	01.27	01.52	01.44	01.55	0,095833



N	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
100	01.17	01.29	01.55	01.05	0,084722	0,101389
∞	01.22	01.36	0,085417	0,084722	0,09375	2

Sumber: Paraga et al., 2020

D. Analisis Evapotranspirasi Metode Penman

Perhitungan untuk evapotranspirasi dalam studi ini menggunakan metode penman, maka membutuhkan parameter seperti data suhu rata-rata, kecepatan angin rata-rata, lama penyinaran matahari dan kelembapan relatif yang didapatkan distasiun klimatologi (Robot, J.A., Mananoma, T., Wuisan, E., Tangkudung, 2014). Untuk mendapatkan nilai dari evapotranspirasi di Indonesia maka rumus yang digunakan adalah rumus penman (Yustiana & Sitohang, 2019). Rumus atau persamaan penman yang digunakan adalah sebagai berikut (H. Kurniawan & Khaira Ardi, 2022).

$$ET_0 = c \times E_{to} \quad (7)$$

Dengan

$$E_{to} = W \times (0,75 R_s - R_{n1}) + (1-W) \times f(u) \times (e_a - e_d) \quad (8)$$

Dimana:

ET_0 = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

w = faktor dari ketinggian dan temperatur

R_s = $(0,25 + 0,54 n/N) \cdot R_a$

R_s = radiasi dalam setahun evaporasi (mm/hari)

c = angka koreksi penman

R_a = angka atau radiasi batas luar dari atmosfer (mm/hari)

R_{n1} = $f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$

R_{n1} = radiasi bersih dari gelombang panjang (mm/hari)

$f(u)$ = $0,27 (1 + 0,864 \cdot U)$

$f(u)$ = persamaan untuk kecepatan angin pada titik ketinggian 2,00 dpl (m/dt)

$f(ed)$ = $0,344 - 0,44 ed$ ed 0,5

$f(ed)$ = persamaan untuk tekanan uap

$f(t)$ = $\sigma \cdot T_a^4$

$f(t)$ = persamaan untuk suhu

$f(n/N)$ = $0,1 + 0,9n/N$

$f(n/N)$ = persamaan untuk kecerahan

e_a = perbedaan antara tekanan uap terhadap tekanan uap sebenarnya

e_d = $e_a \cdot RH$

e_d = tekanan untuk uap jenuh

RH = kelembapan udara relatif / rerata kelembapan bulanan (%)

E. Analisis Kelebihan Air Air

Tahap awal dalam mengetahui ketersediaan air adalah dengan mengetahui kondisi air dalam keadaan surplus tau deficit (H. Kurniawan & Khaira Ardi, 2022).

Hal ini dilakukan untuk mewaspadai adanya defisit air pada daerah tersebut. Persamaan yang dalam perhitungannya adalah:

$$\Delta S = I - O \quad (9)$$

Dimana:

- I = debit masuk (m³/det) atau Ketersediaan Air (liter/detik)
- O = debit keluar (m³/det) atau Kebutuhan Air (liter/detik)
- ΔS = storage perubahan tampungan (air waduk dalam DAS)

F. Analisis Ketersediaan Air

Dalam melakukan analisis ketersediaan air pada suatu DAS, data curah hujan yang diperlukan adalah selama sepuluh tahun (Syahputra et al., 2015). Pada studi ini data hujan yang diambil adalah mulai tahun 2013 sampai 2022 atau sekitar 10 tahun. Tujuan dari perhitungan ketersediaan air adalah untuk memperoleh informasi dari seberapa besar kelebihan air yang ada pada DAS dengan memanfaatkan data hujan yang tersedia sehingga dapat dipergunakan untuk kebutuhan masyarakat (Larasati et al., 2021). Analisis ketersediaan air pada penelitian ini menggunakan metode FJ. Mock yang sudah sering digunakan dalam perhitungan ketersediaan air (Chandrasasi et al., 2020).

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui metode kuantitatif survei. Penelitian ini menggunakan data stasiun hujan yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) selama sepuluh (10) tahun yang berlokasi di Bandar Udara Kota Batam dan data karakteristik fisik DAS Balo dari Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Batam dan Badan Pertanahan Nasional (BPN) yang ada di Kota Batam. Pengambilan data dan penelitian dilakukan mulai dari Maret 2023. Lokasi DAS dan titik pengambilan data hujan dapat ditinjau pada gambar 3.1 berikut.

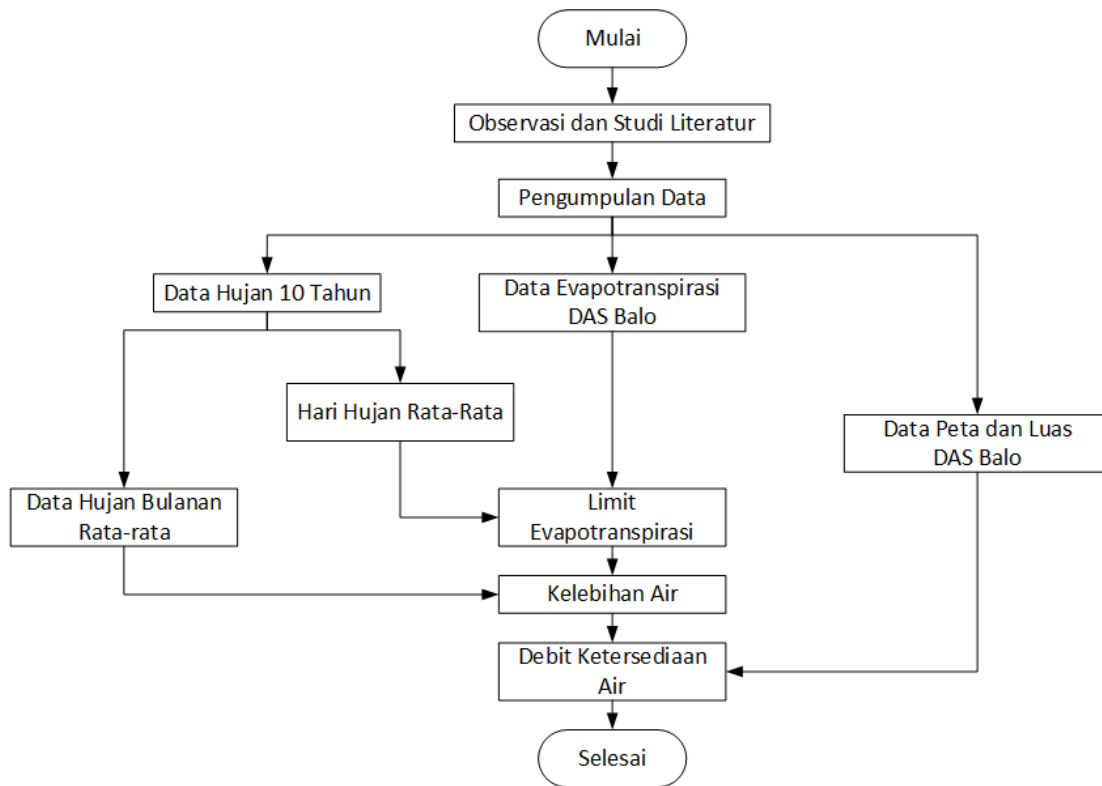


Gambar 3.1 Peta DAS Balo dan Lokasi Penelitian

Data hujan diperoleh melalui website BMKG pada website dataonline.bmkg.go.id dan karakteristik fisik dari *website* BPDAS dan BPN Batam. Selain itu, data hujan dianalisis dari metode kala ulang hujan selama 10 tahun. Tahapan perhitungan ketersediaan air dapat diuraikan pada beberapa poin.

- a. Pengumpulan data-data pendukung perhitungan.
- b. Perhitungan analisis curah hujan dengan menghitung parameter statistik dari hujan selama 10 tahun (2013 – 2022) di DAS Balo.
- c. Setelah diperoleh hasil analisis statistic dari data curah hujan, perhitungan dilanjutkan dengan analisis evapotranspirasi metode penman.
- d. Hasil perhitungan evapotranspirasi digunakan untuk menghitung analisis kelebihan air pada DAS Balo.
- e. Perhitungan analisis kelebihan air digunakan menghitung berapa debit ketersediaan air pada DAS Balo.
- f. Debit ketersediaan air kemudian ditinjau pada bulan ke berapa debit tertinggi dan terendah dan berapa debit tertinggi dan terendahnya.

Tahapan penelitian dapat direkap pada sebuah diagram penelitian, yang dapat digambarkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan dilakukan dimulai dari menyesuaikan data yang dibutuhkan dalam perhitungan analisis ketersediaan air. Analisis perhitungan dibagi menjadi analisis curah hujan, analisis evapotranspirasi, analisis kelebihan air dan analisis ketersediaan air. Analisis dibuat secara bertahap sesuai dengan kebutuhan data yang digunakan. Perhitungan diuraikan sebagai berikut.

A. Daerah Aliran Sungai

DAS Balo, yang berlokasi di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau, adalah daerah aliran sungai (DAS) yang digunakan pada studi ini. DAS ini memiliki luas 34 km². Pemilihan DAS ini disesuaikan dengan data curah hujan yang tersedia di Kota Batam. Ketersediaan data curah hujan ada di Stasiun BMKG Klas I. Bandara Hang Nadim berada pada 2 DAS yang berbeda, yaitu DAS Nongsa dan DAS Balo. DAS Balo yang dipilih karena ada data evapotranspirasi yang pernah diteliti pada tahun 2022 lalu.

B. Analisis Curah Hujan

Pada penelitian ini, data curah hujan yang diambil adalah data dari hujan selama sepuluh tahun di DAS Balo mulai dari tahun 2013 sampai 2022. Data hujan



diperoleh melalui data online BMKG Klas I Bandara Hang Nadim Batam. Data hujan dari pangkalan data online tersebut masih dalam bentuk harian sehingga perlu diakumulasikan terlebih dahulu ke dalam bentuk bulanan. Dalam analisis curah hujan, penelitian ini menggunakan parameter statistik yang kemudian diuji menggunakan Uji RAPS. Data hujan DAS Balo mulai dari tahun 2013 sampai 2022 dapat direkapitulasi dalam Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Hujan Bulanan dan Rata-Rata

Tahun	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2013	15,9	1,5	10,5	124,3	39,6	7	12,4	29,1	26,2	5,9	223,7	53,5
2014	6,3	0	57,7	171,5	263,4	194,9	249,7	229,2	162,3	19,9	222,1	298,5
2015	0	56,1	49,5	82,8	122,3	79,4	60,4	163,3	31,1	186,4	210,9	169,6
2016	0	308	10,2	61,5	144,8	184,1	264,5	153	97	209,4	451	0
2017	0	58,9	392	221,2	310,9	168,1	63,1	321,6	200,1	184,7	488,1	168,7
2018	237,4	9,2	207	120,2	106,9	169,2	50	143,1	132,4	120	398	188,8
2019	192,6	20,2	13,9	60,4	140,9	213,7	45,2	43,9	38,8	182,8	109	367,8
2020	70,6	41,5	28,3	167,5	398,5	286	213,6	211,7	196,1	242,6	297,5	177,9
2021	652,6	1,8	197,7	195	290,2	136,8	63,8	223,4	262,1	207,8	260,9	168,4
2022	127,9	243,1	128,5	294,2	152,5	368,6	150,1	199,4	227,2	296,8	217,7	184,6
Rata-rata	130,33	74,03	109,53	149,86	197,00	180,78	117,28	171,77	137,33	165,63	287,89	177,78

Sumber: Data BMKG

Pada perhitungan rata-rata dari curah hujan, data pada titik tertinggi terlihat di Bulan November dengan besar rata-rata 287,89 mm/bulan. Sedangkan untuk data rata-rata dari curah hujan yang terendah ada di Bulan Februari pada besaran 74,03 mm/bulan. Perhitungan kemudian dilanjutkan dengan menghitung rata-rata dari jumlah harian terjadi dalam sebulan yang terjadi mulai dari tahun 2013 sampai 2022. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan

Tahun	Bulan (hari)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2013	5	1	1	6	3	3	4	3	5	3	8	5
2014	1	0	6	17	20	15	17	19	10	7	20	19
2015	0	5	3	12	16	10	12	14	6	9	18	12
2016	0	11	3	12	13	16	16	13	18	16	18	0
2017	0	14	13	19	20	16	8	17	16	14	24	14
2018	16	3	11	9	15	15	12	7	13	13	22	13
2019	12	4	3	15	14	11	6	4	4	18	10	12

Tahun	Bulan (hari)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2020	24	22	22	28	23	24	21	22	17	23	26	25
2021	26	13	14	22	26	22	18	27	23	19	24	19
2022	20	19	24	24	25	27	16	21	22	28	25	28
Rata-rata	10,40	9,20	10,00	16,40	17,50	15,90	13,00	14,70	13,40	15,00	19,50	14,70

Sumber: Data BMKG

Jumlah hari hujan rata-rata selama tahun 2013 sampai 2022 tertinggi terjadi pada Bulan November dengan jumlah hari sebesar 19,5 hari. Rata-rata terendah dari jumlah hari hujan dalam sebulan terjadi di Bulan Februari dengan jumlah hari sebesar 9,20 hari. Data jumlah hari hujan rata-rata ini diakumulasikan dengan data evapotranspirasi rata-rata untuk menghitung limit atau batas evapotranspirasi.

Analisis selanjutnya dilakukan dengan menghitung konsistensi data hujan yang digunakan dengan metode Uji RAPS. Tabel pengujian dapat direkapitulasi pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Pengujian RAPS

Nomor	Tahun	Hujan (Yi)	Sk*	(Yi - \bar{Y}) ²	Sk**	Sk**
1	2013	45,80	-112,47	12648,94	-2,077	2,077
2	2014	156,29	-1,98	3,90	-0,036	0,036
3	2015	100,98	-57,28	3281,48	-1,058	1,058
4	2016	156,96	-1,31	1,71	-0,024	0,024
5	2017	214,78	56,52	3194,04	1,044	1,044
6	2018	156,85	-1,42	2,01	-0,026	0,026
7	2019	119,10	-39,17	1534,09	-0,723	0,723
8	2020	194,32	36,05	1299,54	0,666	0,666
9	2021	221,71	63,44	4024,74	1,172	1,172
10	2022	215,88	57,62	3319,58	1,064	1,064
	Jumlah	1582,68	Total	29310,04		7,89
	Rata-rata (\bar{Y})	158,27	Rata-rata (Dy^2)	2931,00		0,79

Sumber: Rekapitulasi dari Perhitungan

Dari parameter pengujian RAPS di dalam tabel 4.3, kemudian dilakukan perhitungan parameter untuk kontrol konsistensi data sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data} &= n &&= 10 \\
 \text{Simpangan} &= Dy^2 &&= 2931,000 \\
 \text{Simpangan rata-rata} &= Dy = \sqrt{D^2} &&= 54,139 \\
 \text{Sk* minimal} &= Sk^* \text{ minimal} &&= 0,024 \\
 \text{Sk* maksimal} &= Sk^* \text{ maksimal} &&= 2,077 \\
 R &= Sk^* \text{maks} - Sk^* \text{min)} &&= 2,053
 \end{aligned}$$



$$Q = Sk^* \text{ maksimal} = 2,077$$

Kontrol yang digunakan pada uji RAPS ini adalah 90%. Angka yang digunakan sebagai batas minimal persentase pengujian yang dianggap konsisten. Hasil kontrol pengujian dapat dilihat sebagai berikut.

$$\frac{Q}{\sqrt{n}} = 2,077/3,162 = 0,657 (<= 1,21 \text{ maka dianggap } \mathbf{konsisten})$$
$$\frac{R}{\sqrt{n}} = 2,053/3,162 = 0,649 (<= 1,05 \text{ maka dianggap } \mathbf{konsisten})$$

Maka dari perhitungan di atas, 2 parameter pengujian menganggap bahwa data digunakan adalah konsisten karena tidak melebihi batas maksimal kontrol. Dari hasil pengujian ini maka data yang digunakan sudah baik dan dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan.

C. Analisis Evapotranspirasi

Pada penelitian ini, data evapotranspirasi menggunakan data sekunder yang sudah pernah dianalisis pada tahun 2022 lalu oleh H. Kurniawan & Khaira Ardi (2022) sehingga pada penelitian ini data yang dianalisis menggunakan data pada penelitian tersebut. Perhitungan Evapotranspirasi pada DAS Balo sudah pernah dilakukan (H. Kurniawan & Khaira Ardi, 2022). Data evapotranspirasi berlokasi di Waduk Duriangkang yang berbatasan langsung dengan DAS Balo. Hasil analisis dari evapotranspirasi direkapitulasu pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Evapotranspirasi Rata-Rata (2 periode)

No	Bulan	Periode	Evapotranspirasi Rata-rata
1	Januari	15	64,95
		16	79,68
2	Februari	15	104,85
		13	74,1
3	Maret	15	75
		16	78,4
4	April	15	62,55
		15	56,4
5	Mei	15	52,05
		16	53,44
6	Juni	15	51,15
		15	50,1
7	Juli	15	51,15
		16	61,12

No	Bulan	Periode	Evapotranspirasi Rata-rata
8	Agustus	15	61,5
		16	65,12
9	September	15	66,6
		15	64,5
10	Oktober	15	63,45
		16	71,68
11	November	15	58,95
		16	59,1
12	Desember	15	61,2
		16	66,4

sumber: Harry Kurniawan, 2022

Pada analisis evapotranspirasi tersebut, periode yang digunakan dibagi menjadi 2, yaitu 15 hari awal dan sisa hari dari bulan tersebut. Namun, karena penelitian ini menggunakan periode bulanan, kita harus mengubahnya terlebih dahulu terhadap hasil evapotranspirasi. Peneliti menggunakan metode konversi dengan mengalikan hasil evapotranspirasi rata-rata (Ev1) dengan periode (T) sehingga diperoleh Evapotranspirasi setengah bulan (Ev2). Ev2 kemudian dikalikan 2 untuk memperoleh Evapotranspirasi total bulanan (Ev3). Ev3 kemudian dirata-ratakan dengan membaginya terhadap jumlah hari pada bulan tersebut sehingga menghasilkan Evapotranspirasi Rata-rata bulanan (Eto). Hasil perhitungan direkapitulasi dalam tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Evapotranspirasi (rata-rata dalam sebulan)

No	Bulan	T	Ev1	Ev2	Ev3	Eto
1	Januari	15	4,33	64,95	129,9	144,63
		16	4,98	79,68	159,36	
2	Februari	15	6,99	104,85	209,7	178,95
		13	5,7	74,1	148,2	
3	Maret	15	5	75	150	153,4
		16	4,9	78,4	156,8	
4	April	15	4,17	62,55	125,1	118,95
		15	3,76	56,4	112,8	
5	Mei	15	3,47	52,05	104,1	105,49
		16	3,34	53,44	106,88	
6	Juni	15	3,41	51,15	102,3	101,25
		15	3,34	50,1	100,2	



No	Bulan	T	Ev1	Ev2	Ev3	Eto
7	Juli	15	3,41	51,15	102,3	112,27
		16	3,82	61,12	122,24	
8	Agustus	15	4,1	61,5	123	126,62
		16	4,07	65,12	130,24	
9	September	15	4,44	66,6	133,2	131,1
		15	4,3	64,5	129	
10	Oktober	15	4,23	63,45	126,9	135,13
		16	4,48	71,68	143,36	
11	November	15	3,93	58,95	117,9	118,05
		15	3,94	59,1	118,2	
12	Desember	15	4,08	61,2	122,4	127,6
		16	4,15	66,4	132,8	

Sumber: Rekapitulasi Perhitungan

Pada hasil analisis terlihat bahwa evapotranspirasi rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada Februari atau di akhir musim penghujan, yaitu sebesar 178,95 mm. Evapotranspirasi terendah terjadi pada Bulan Juni atau pada musim kemarau dengan besaran 101,25 mm. Hasil analisis evapotranspirasi per bulan kemudian digunakan sebagai komponen dalam perhitungan limit atau batas evapotranspirasi.

D. Analisis Limit Evapotranspirasi

Perhitungan kemudian dilanjutkan dengan Analisis Limit Evapotranspirasi (Eta). Parameter yang digunakan adalah *Expose Surface* (m) dalam bentuk persentase (%), jumlah hari hujan rata-rata, selisih evapotranspirasi (ΔE) dan Evapotranspirasi akhir (Eta). m yang digunakan mengacu pada penelitian H. Kurniawan & Khaira Ardi tahun 2022 adalah berkisar 0,4 dan 0,5. Jumlah hari dan evapotranspirasi sudah dihitung sebelumnya. ΔE dihitung dengan $\left(\frac{m}{20} \times (18 - n)\right) \times Eto$. Eta dihitung dengan mengurangkan Eto dengan ΔE . Perhitungan yang telah dilakukan dapat direkapitulasi pada tabel 4.6 di bawah.

Tabel 4.6 Limit Evapotranspirasi

No	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	m (%)	0,400	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
2	$(m/20) \times (18 - n)$	0,152	0,220	0,200	0,040	0,013	0,053	0,125	0,066	0,092	0,060	-0,030	0,066
3	ΔE (mm)	21,984	39,369	30,680	4,758	1,319	5,316	14,034	8,357	12,061	8,108	-3,542	8,422
4	Eta (mm)	122,646	139,581	122,720	114,192	104,171	95,934	98,236	118,263	119,039	127,022	121,592	119,178

Sumber: Rekapitulasi Perhitungan

E. Analisis Kelebihan Air

Analisis kelebihan air menggunakan hasil dari analisis limit evapotranspirasi. Parameter pada perhitungan ini antara lain adalah selisih curah hujan dan evapotranspirasi atau D_s , Tampungannya Air Kapasitas Kelembapan Tanah (SMC), Tampungannya Kelembapan Tanah (SMS), dan Kelebihan Air (WS). Perhitungan WS direkapitulasi dalam tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Kelebihan Air (WS)

No	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	$D_s = P - E_t$ (mm)	7,684	-65,551	-13,190	35,668	92,829	84,846	19,044	53,507	18,291	38,608	166,299	58,602
2	SMC (mm)	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
3	SMS (mm)	207,684	134,449	186,810	235,668	292,829	284,846	219,044	253,507	218,291	238,608	366,299	258,602
4	WS (mm)	7,684	0,000	0,000	35,668	92,829	84,846	19,044	53,507	18,291	38,608	166,299	58,602

Sumber: Rekapitulasi Perhitungan

F. Analisis Ketersediaan Air

Dalam analisis ketersediaan air, perhitungan yang dicari adalah debit air yang tersedia rata-rata selama setahun. Parameter yang digunakan adalah infiltrasi (I), *Soilwater Storage Volume* (V_n), perubahan volume (ΔV_n), *Direct Run Off* (DRO), *Run Off* (RO), *Interflow* atau *Base Flow* (BF) dan debit bulanan rata-rata (Q). I adalah 40% dari WS. V_n adalah 0,5 dari hasil perkalian infiltrasi dengan jumlah dari 1 dan faktor resesi aliran tanah (k). Pada kondisi ini, k yang digunakan adalah 0,9. Perhitungan V_n dilakukan secara iteratif sampai nilai V_n mulai stabil dan tidak berubah lagi. Perhitungan BF diperoleh dari I yang dikurangkan dengan ΔV_n yang jika bernilai negatif maka dibuat nol (0). RO dari jumlah BF dengan 0,9 dikali WS. Rekapitulasi perhitungan dapat ditinjau pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Debit Ketersediaan Air

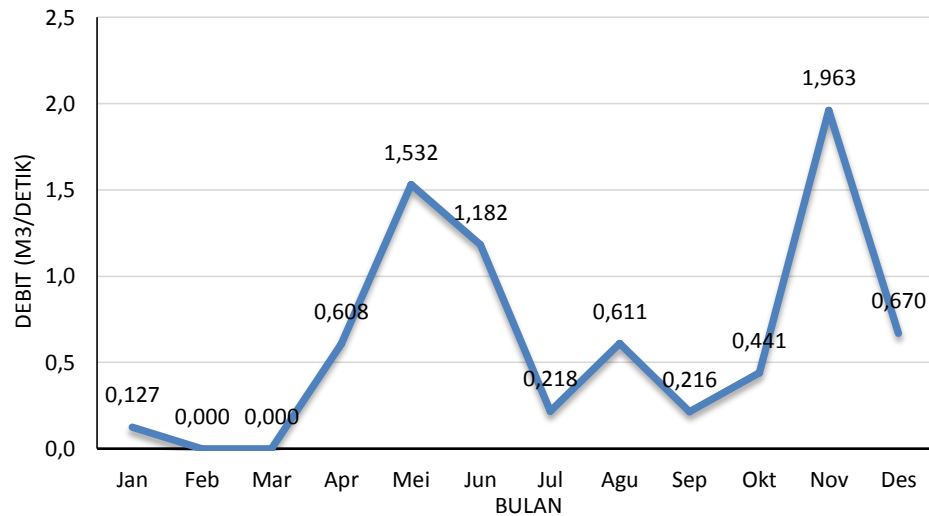
No	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	I (mm)	3,074	0,000	0,000	14,267	37,131	33,938	7,618	21,403	7,316	15,443	66,519	23,441
2	$k \times V_n - I$ (mm)	755,921	682,957	617,026	557,452	515,821	508,689	526,842	542,791	568,581	590,041	614,727	685,449
3	V_n (mm)	758,841	685,585	619,391	573,134	565,210	585,380	603,101	631,757	655,601	683,030	761,610	839,913
4	ΔV_n (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,170	17,721	28,656	23,844	27,429	78,580	78,303
5	BF (mm)	3,074	0,000	0,000	14,267	37,131	13,768	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	DRO (mm)	4,610	0,000	0,000	21,401	55,697	50,907	11,426	32,104	10,975	23,165	99,779	35,161
7	RO (mm)	9,989	0,000	0,000	46,368	120,677	90,129	17,139	48,156	16,462	34,747	149,669	52,741
8	Q (m ³ /detik)	0,127	0,000	0,000	0,608	1,532	1,182	0,218	0,611	0,216	0,441	1,963	0,670

Sumber: Rekapitulasi Perhitungan

Hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan untuk debit ketersediaan air menunjukkan bahwa debit air yang tersedia mencapai titik tertinggi di Bulan November dengan besaran 1,963 m³/detik. Pada titik terendah terjadi di Bulan



Februari dan Maret dengan besaran $0 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil ini diinput serta diplot ke dalam sebuah grafik yang ada pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik Ketersediaan Air DAS Balo

Hasil ini diperoleh dapat dikarenakan musim kemarau dan penghujan yang terjadi di Kota Batam. Jika dilihat dari kedalaman hujannya, rata-rata dari curah hujan di titik tertinggi tercapai pada Bulan November dan titik yang paling bawah pada Bulan Februari dan Maret. Data ini mempengaruhi data debit ketersediaan air di DAS Balo sehingga dengan semakin tingginya curah hujan yang terjadi maka ketersediaan air juga semakin tinggi.

5 KESIMPULAN

Perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat menghasilkan beberapa poin kesimpulan.

- 1) Data debit ketersediaan air tertinggi dalam setahun di DAS Balo tercapai di Bulan November dan yang paling bawah pada Bulan Februari dan Maret.
- 2) Debit ketersediaan terbesar sebesar $1,963 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan terendah sebesar 0.

Hasil perhitungan ini diharapkan dapat digunakan masyarakat atau pemerintah daerah untuk dapat merencanakan ketersediaan air bersih atau mitigasi bencana kekeringan di DAS Balo Kota Batam.

DAFTAR PUSTAKA

- Admadhani, D. N., Tunggul, A., Haji, S., & Susanawati, D. (2012). Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Untuk Daya Dukung Lingkungan (Studi Kasus Kota Malang). *Jurnal Suberdaya Alam Dan Lingkungan*, 13–20.
- Chandrasasi, D., Montaraih Limantara, L., & Wulan Juni, R. (2020). Analysis using the F. J. Mock Method for calculation of water balance in the Upper Konto Sub-

- Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012019>
- Hasibuan, A., & Sulaiman, oris kianto. (2019). Smart City, Konsep Kota Cerdas Sebagai Alternatif Penyelesaian Masalah Perkotaan Kabupaten/Kota. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 127–135.
<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/1097>
- Kurniawan, A. (2020). Evaluasi Pengukuran Curah Hujan Antara Hasil Pengukuran Permukaan (AWS, HELLMAN, OBS) dan Hasil Estimasi (Citra Satelit =GSMaP) Di Stasiun Klimatologi Mlati Tahun 2018. *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (JGEL)*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.29405/jgel.v4i1.3797>
- Kurniawan, H., & Khaira Ardi, N. (2022). Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Tiban Lama (Studi Kasus: Waduk Duriangkang di Kota Batam). *Sigma Teknika*, 5(1), 138–150.
- Larasati, C., Abadi, A. W., Prakosa, G., A Novanna Dwi Septyo, F, V. V., M, W. P., Widyaningrum, W., & Hadi, M. P. (2021). Analisis Ketersediaan Air Permukaan dan Proyeksi Kebutuhan Air DAS Bodri Tahun 2040. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1), 84–94.
- Munajad, R., & Suprayogi, S. (2014). Kajian Hujan–Aliran Menggunakan Model Hec–Hms Di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 4(March), 763–773.
- Paraga, D. B., Nurhayati,), & Yulianto, E. (2020). Uji Konsistensi Data Hujan dari Stasiun Hujan yang Berpengaruh Di Wilayah Kota Pontianak. *Jurnal Elektrik Laut, Sipil, Tambang*, 7(3).
- Petonengan, A., Sumarauw, J. S. F., & Wuisan, E. M. (2016). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Das Tondano Bagian Hulu. *Jurnal Sipil Statik Januari*, 4(1), 21–28.
- Robot, J.A., Mananoma, T., Wuisan, E., Tangkudung, H. (2014). Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I Dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik*, 2(2014), 1–12.
- Sr, S. G., Feris, Sapan, J., & Rau, N. T. (2022). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air untuk Daya Dukung Lingkungan di Dusun Limbong Padang, Lembang Talimbangan, Kec. Buntupepasan. *Journal Dynamic SainT*, 7(1).
<https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5xx.xxxx>
- Syahputra, I., Blang Bintang, J., Km, L., Keude, L., & Besar, A. (2015). Analisis Ketersediaan Air pada Daerah Irigasi Blang Karam Kecamatan Darussalam Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 35–42.
- Triatmodjo, B. (2015). *Hidrologi Terapan* (5th ed.). Beta Offset.
- Utama, L. (2018). Kajian Morphometri Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Batang Kuranji Terhadap Debit Banjir. *Frontiers: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(April).
<https://doi.org/10.36412/frontiers/001035e1/april201801.07>
- Utomo, C. E. W., & Hariadi, M. (2016). Strategi Pembangunan Smart City dan Tantangannya bagi Masyarakat Kota. *Jurnal Strategi Dan Bisnis*, 4(2), 159–176.
- Wiliya, & Lasminto, U. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 193.
<https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11915>



- Yustiana, F., & Sitohang, G. A. (2019). Perhitungan Evapotranspirasi Acuan untuk Irigasi di Indonesia. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 39–49.
- Zufrimar, & Zainal Edwina. (2020). Investigasi Ketersediaan Air Permukaan Sungai Kapur Solok Selatan Untuk Kebutuhan Air Baku. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(1), 41–49.
<http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPERINGKAT5>