



Analisis Debit Andalan Sub DAS Pucak Untuk Berbagai Kebutuhan Di Kabupaten Maros

Amiruddin^{1*}, Muzakkar Yasin², Riswal K³, Amrullah Mansida⁴

^{1,2,4}Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*E-mail: amirbendungan@gmail.com

Abstract: The availability of water in the Pucak watershed is not always sufficient to meet all these needs simultaneously. This problem is exacerbated by climate change which causes changes in weather and erratic river flows. Climate uncertainty causes the weather to be unpredictable as it should be. This research aims to analyze the mainstay discharge of the Pucak Sub-watershed to ensure sustainable water availability. The analysis was carried out using daily discharge data for the last 10 years obtained from the nearest observation station. Data processing methods include the F.J Mock method and the Arithmetic method with certain reliability (Q80%, Q90% and Q99%). The research results show that the availability of water in the Pucak watershed for irrigation, raw water and hydroelectric power needs is met every month except in September. In the F.J Mock method the reliable Q80% discharge is 44.05 m³/sec, the Q90% discharge is 36.08 m³/sec and the Q99% discharge is 33.66 m³/sec. Meanwhile, the reliable Arithmetic method of Q80% discharge is 27.92 m³/second, Q90% discharge is 21.96 m³/second and Q99% discharge is 16.64 m³/second. These discharges are sufficient to meet various needs, but there is the potential for water shortages at the peak of the dry season.

Keywords: Pucak sub watershed; Mainstay discharge; Water availability; F.J Mock method

1. PENDAHULUAN

Istilah "Daerah Aliran Sungai" (DAS) mengacu pada area di mana air hujan menampung dan kemudian mengalir melalui sungai atau anak sungai menuju suatu tempat, seperti muara atau danau. Area tersebut kemudian akan mendistribusikan air ke daerah dimana ketinggiannya lebih rendah sehingga akhirnya sampai ke lautan. Area ini biasanya memiliki pembatas serta berada pada titik yang tinggi oleh karena itu air yang jatuh akibat adanya hujan akan sampai pada bagian hilir. (Handayani dkk., 2021). DAS juga memiliki bagian yang disebut dengan sub DAS yaitu yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak Sungai ke Sungai utama (Asdak, 2007).

Debit andalan merupakan aliran air yang dapat diandalkan untuk tingkat probabilitas tertentu (Soemarto, 1987). Untuk mengurangi adanya penyimpangan data serta untuk memperoleh perhitungan debit andalan yang bagus maka data pencatatan debit baiknya disimpan dalam jangka waktu yang lama. (Zuhrotin dkk., 2018). Nilai Debit Andalan untuk berbagai macam kebutuhan, air minum 99%, industri 95-98%, irigasi

70-85%, kering 80-95%, dan PLTA 85-90% (Limantara, 2018). Saat ini salah satu masalah yang menyebabkan daerah irigasi tidak terpenuhi kebutuhannya adalah debit air yang kecil (Setiawan dkk., 2022).

Air yang merupakan unsur kehidupan yang sangat penting harus diperhatikan ketersediaannya agar kebutuhan harian serta kebutuhan irigasi bagi pertanian yang menjadi fokus utama terus ada. Keterbatasan air dan meningkatnya tekanan pada sumber daya air telah menghasilkan perhatian yang lebih besar terhadap pengelolaan yang berkelanjutan dan efisien (Ikhlas, 2024). Ketersediaan air dianggap ada jika terdapat air di sungai, walaupun saat menganalisa irigasi, curah hujan yang berguna juga menjadi faktor ketersediaan air (Dirjen SDA, 2013). Ketersediaan air bisa dihitung menggunakan metode neraca air yang bersifat meteorologi (Seyhan, 1977).

Pada tahun 1973, Dr. F.J. Mock mengemukakan sebuah teknik untuk menghitung aliran sungai berdasarkan data mengenai hujan, evapotranspirasi yang mungkin terjadi, serta sifat-sifat hidrologi wilayah tangkapan air untuk memperkirakan besaran debit sungai dalam jangka waktu bulanan. Teknik ini dikenal sebagai model Dr. Mock (Chairi, 2019). Metode ini dirancang untuk menentukan rata-rata aliran bulanan. Pada intinya, metode ini menjelaskan bahwa hujan yang turun pada daerah tangkapan air akan sebagian hilang melalui evapotranspirasi, sebagian akan mengalir langsung ke permukaan, dan sebagian lainnya akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) (Jatiningrum dkk., 2021).

Suatu penelitian menyebutkan bahwa bendungan Lopok Kecamatan Lopok Kabupaten Sumbawa tidak bisa mencukupi kebutuhan air petani karena debit saluran sekunder sebesar 0,374 ltr/dtik/Ha lebih kecil dari kebutuhan air irigasi sebesar 0,41 ltr/dtk/Ha (Najimuddin dkk., 2023). Sementara itu penelitian lain menyebutkan perbandingan antara prediksi dan pengamatan dilapangan pada stasiun pengamatan debit di Katulampa didapat kesalahan berdasarkan MAPE sebesar 37,9%, ME sebesar 3,30 m³/det dan RMSE sebesar 5,65 m³/det, sedangkan korelasi sebesar 0,61 (Santosa dkk., 2024).

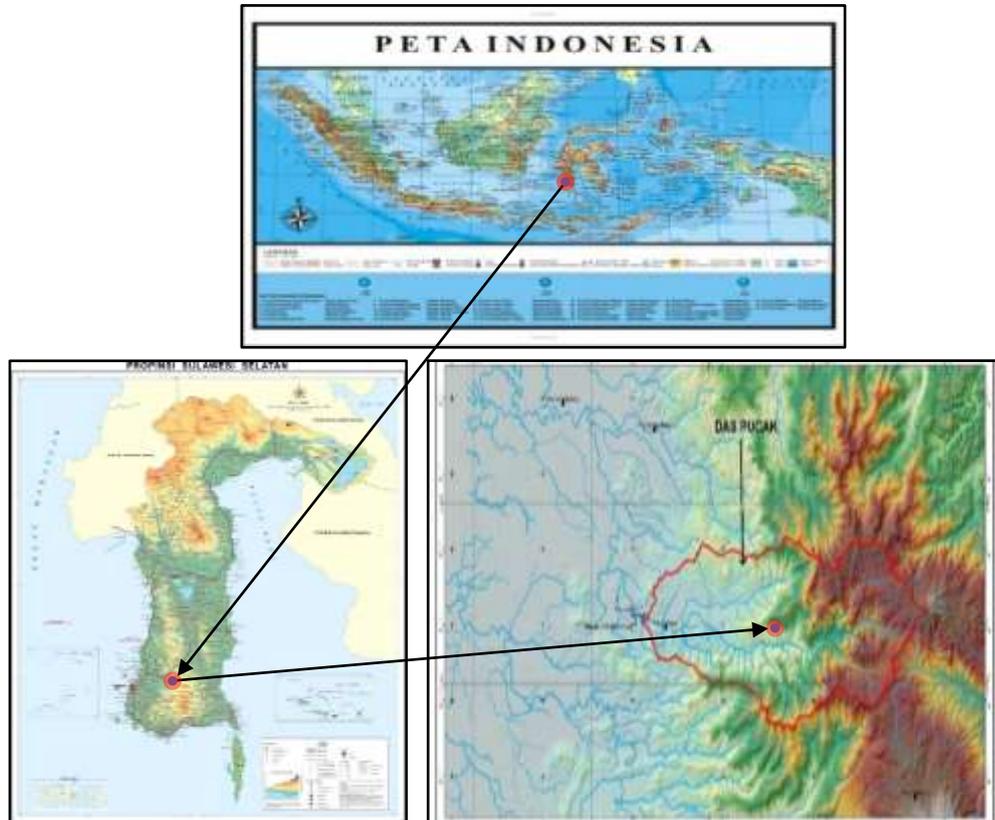
Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menganalisis ketersediaan air di Sub DAS Pucak dan menganalisis debit andalan Q80%, Q90% dan Q99% untuk kebutuhan Irigasi, PLTA dan PDAM di Sub DAS Pucak.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang bersifat deskriptif, dengan cara melakukan tinjauan pustaka, mengumpulkan data, dan menganalisis data untuk memperoleh pemahaman awal tentang topik penelitian, mendukung atau membandingkan temuan penelitian, atau untuk analisis tambahan.

DAS Pucak merupakan salah satu daerah aliran sungai di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan dengan luas DAS 675,58 km². Secara administratif lokasi penelitian terletak di

Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Peta Topografi DAS Pucak

Data yang digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini adalah data sekunder. dari kantor BBWS Pompengan Jeneberang unit hidrologi yakni data curah hujan stasiun Pucak dan stasiun Malino tahun 2014 sampai 2023, data debit Sungai Lekopancing mulai tahun 2014 sampai 2023 dan data Klimatologi Sultan Hasanuddin tahun 2014 sampai 2023.

Penentuan debit andalan digunakan dua pendekatan empiris yaitu metode analisis debit rata-rata tahunan dan data curah hujan dengan metode FJ Mock, Dimana diuraikan berikut:

- a. Analisis debit andalan digunakan dua metode yaitu metode debit rata-rata minimum untuk data debit sungai persamaannya $P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$ (Triatmojo, 2013)
- b. Analisis debit andalan menggunakan data curah hujan adalah metode FJ Mock dengan persamaan dasar $P = Ro + Et \pm \Delta St$
 - a) Data debit rata – rata bulanan/setengah bulanan/sepuluh harian diurutkan dari besar ke terkecil.
 - b) Data debit yang telah diurutkan tersebut, dicari probabilitasnya untuk tiap-tiap debit. Probabilitas dihitung dengan metode Weibull.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\%$$

- c) Analisis penentuan debit andalan yang dibutuhkan untuk berbagai kebutuhan antaral lain; keperluan Irigasi Q80%, PLTA Q90% & Air Baku Q99%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Data Curah Hujan Wilayah

Analisa curah hujan dilakukan menggunakan metode aritmatika/rata-rata aljabar yang terdiri 2 stasiun curah hujan dan 1 pos duga air, yaitu Stasiun Pucak, Stasiun Malino dan Stasiun Pos Duga Air Lekopancing dengan periode 10 tahun (tahun 2014 – 2023).

Tabel 1. Data Stasiun Curah Hujan

No.	Stasiun	Ketersediaan Data	Pengelola
1	Pucak	2014-2023	BBWS Pompengan Jeneberang
2	Malino	2014-2023	BBWS Pompengan Jeneberang
3	Pos Duga Air Leko Pancing/Tompobulu	2014-2023	BBWS Pompengan Jeneberang

Perhitungan Curah Hujan Bulanan Metode Aritmatika

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Metode Aritmatika / Rata-rata Aljabar Tahun 2014 s/d 2023

Tahun	Debit Andalan Sub DAS Pucak (m ³ /dt)												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2014	51,01	25,98	16,82	15,25	5,92	4,99	2,10	1,05	0,38	0,44	1,35	17,09	142,39
2015	55,20	47,78	54,12	46,09	30,07	20,39	6,83	3,41	1,93	0,85	7,40	73,56	347,63
2016	38,76	42,62	38,68	40,10	22,74	18,12	24,74	72,1	9,32	20,46	23,92	32,42	319,11
2017	44,72	49,72	31,15	33,01	20,13	19,79	9,12	3,59	2,79	6,52	20,50	40,21	281,27
2018	35,84	85,94	46,71	21,43	14,34	18,00	6,89	2,86	1,50	1,55	22,67	38,38	296,11
2019	77,44	35,24	39,51	21,78	14,63	5,93	3,05	1,33	0,79	0,89	3,13	30,09	233,82
2020	45,94	45,98	35,99	26,49	21,31	11,00	4,79	2,60	1,58	3,17	6,83	52,30	257,96
2021	68,65	70,49	53,37	37,59	24,83	13,92	5,98	3,39	2,65	9,62	40,58	47,55	378,61
2022	38,28	60,21	32,12	36,37	35,68	22,34	12,61	6,38	3,04	27,40	42,56	75,86	392,85
2023	46,66	78,29	58,48	43,19	23,45	15,38	17,61	5,30	2,74	1,95	23,62	49,66	366,32
Qrata-rata	50,25	54,22	40,70	32,13	21,31	14,99	9,37	3,71	2,67	7,29	19,26	45,71	301,61

Berdasarkan Tabel 2, untuk hasil pengolahan data perhitungan nilai rata-rata curah hujan bulanan terjadi penurunan dari bulan Januari sebesar 690,05 m³/detik hingga ke bulan Agustus sebesar 35,05 m³/detik dan terjadi kenaikan hingga bulan Desember sebesar 707,95 m³/detik.

Analisis Evapotranspirasi

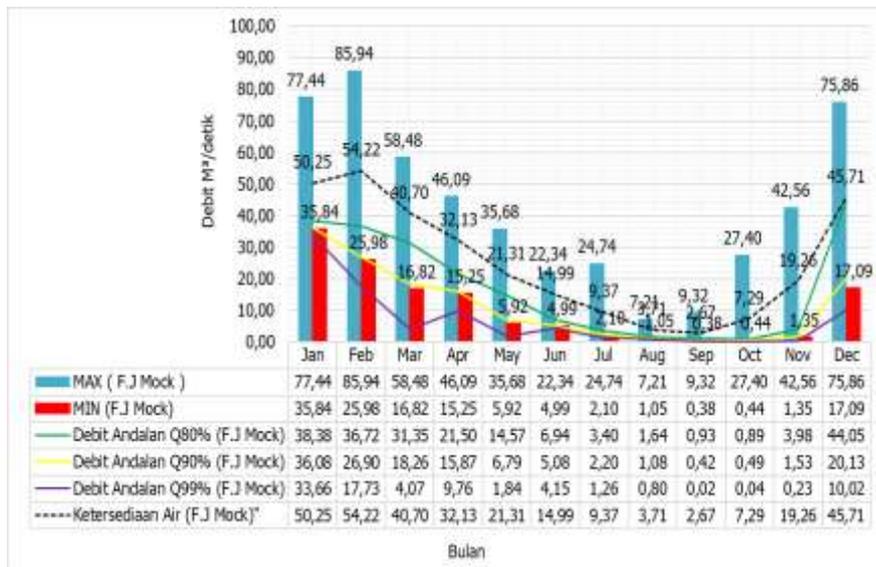
Pada analisis evapotranspirasi menggunakan Metode Penman Modifikasi FAO dengan data-data klimatologi sebagai acuan (Santosa dkk., 2024).

Tabel 3. Hasil Analisis Rata-Rata Evapotranspirasi Dengan Metode Penman Modifikasi Tahun 2014 – 2023

NO	Parameter	Satuan	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	september	Oktober	November	Desember
1	Suhu	°C	26,66	26,61	26,84	27,22	27,68	27,04	26,72	27,13	27,84	28,02	27,88	26,88
2	Sinar Matahari (n/N)	%	0,043	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,04
3	Kelembaban Relatif (Rh)	%	0,88	0,87	0,85	0,83	0,82	0,82	0,78	0,71	0,68	0,72	0,80	0,86
4	Kecepatan Angin (u)	km/hari	1,56	1,55	1,51	1,48	1,38	1,40	1,55	1,75	1,80	1,75	1,63	1,54
5	w		0,7666	0,7661	0,7684	0,7722	0,7768	0,7704	0,7672	0,7713	0,7784	0,7802	0,7788	0,7037
6	Ra	mm/hari	15,67	15,92	15,60	14,79	13,57	12,97	13,23	14,13	15,04	15,66	15,67	15,57
7	Rs = (0.258+0.54 n/N)Ra	mm/hari	4,407	4,451	4,446	4,295	4,014	3,766	3,913	4,332	4,530	4,717	4,635	4,353
8	f(t)		16,032	16,022	16,068	16,144	16,236	16,108	16,044	16,126	16,268	16,304	16,276	16,076
9	ea	mbar	34,986	34,881	35,364	36,162	37,128	35,784	35,112	35,973	37,464	37,842	37,548	35,448
10	ed = ea x Rh	mbar	30,788	30,346	30,059	30,014	30,445	29,343	27,387	25,541	25,476	27,246	30,038	30,485
11	f(ed) = 0.34 - 0.44(ed)^0.5	mbar	0,096	0,098	0,099	0,099	0,097	0,102	0,110	0,118	0,118	0,110	0,099	0,097
12	f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N		0,043	0,040	0,050	0,060	0,070	0,060	0,070	0,090	0,080	0,080	0,070	0,040
13	f(u) = 0.27(1 + 0.864 x u)	m/dt	0,634	0,632	0,622	0,615	0,592	0,597	0,632	0,678	0,690	0,678	0,650	0,629
14	Rn 1 = f(t) x f(ed) x f(n/N)	mm/hari	0,066	0,063	0,080	0,096	0,110	0,099	0,124	0,171	0,154	0,143	0,113	0,062
15	ea - ed	mbar	4,198	4,535	5,305	6,148	6,683	6,441	7,725	10,432	11,988	10,596	7,510	4,963
16	= w (0.75Rs - Rn 1) + ((1-w)(f(u))(ea - ed)	mm/hari	3,104	3,180	3,265	3,275	3,136	2,983	3,293	3,992	4,358	4,228	3,699	3,179
17	c		1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10
18	Eto = c x ET	mm/hari	3,414	3,498	3,265	2,948	2,822	2,685	2,964	3,992	4,794	4,651	4,069	3,497
19	Bulan	mm/bln	105,83	97,94	101,22	88,44	87,48	80,55	91,88	123,75	143,82	144,18	122,07	108,41

3.2. Analisis Debit Andalan Dengan Metode F.J Mock

Hasil perhitungan debit air DAS Pucak bulanan dari tahun 2014 – 2023 dianalisis menggunakan metode F.J. Mock untuk menentukan Q80% untuk irigasi, Q90% untuk PLTA dan Q99% untuk air baku. Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar berikut.



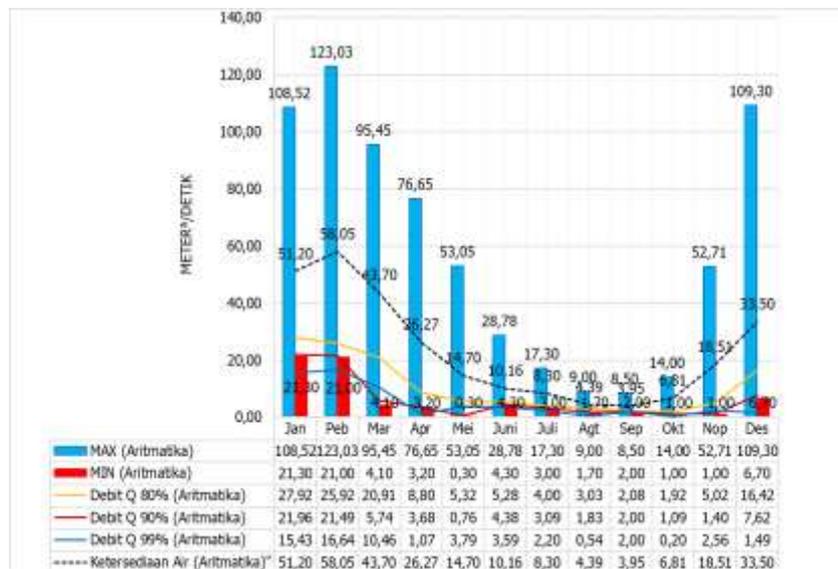
Gambar 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Andalan Sub DAS Pucak Dengan Metode F.J Mock Tahun 2014 – 2023

Berdasarkan Gambar 2, nilai debit andalan Q_{80%} yang tertinggi terdapat pada musim penghujan bulan Desember sebesar 44,05 m³/detik, sedangkan nilai terendah terdapat

pada musim kemarau bulan Oktober sebesar 0,89 m³/detik. Q_{90%} yang tertinggi terdapat pada musim penghujan bulan Januari sebesar 36,08 m³/detik, sedangkan nilai terendah terdapat pada musim kemarau bulan September sebesar 0,42 m³/detik. Q_{99%} yang tertinggi terdapat pada musim penghujan bulan Januari sebesar 33,66 m³/detik, sedangkan terendah pada musim kemarau bulan September sebesar 0,02 m³/detik.

- a. Debit Andalan dengan Probabilitas (80%): Kebutuhan Irigasi
 Dalam irigasi, Q_{80%} dianggap memenuhi kebutuhan karena menunjukkan debit yang cukup andal dan tersedia secara konsisten untuk sebagian besar waktu. Pada dasarnya, probabilitas 80% menunjukkan bahwa risiko kekurangan air relatif kecil (hanya terjadi pada 20% waktu), sehingga aliran air tersebut dapat diandalkan untuk keperluan irigasi.
- b. Debit Andalan dengan Probabilitas (90%): Kebutuhan PLTA
 Dalam PLTA Q_{90%} adalah debit sungai yang memiliki peluang 90% untuk dilampaui dalam satu tahun atau dalam periode tertentu. Dengan kata lain, risiko untuk tidak bisa beroperasi hanya ada pada 10% waktu dalam setahun (misalnya, saat musim kemarau yang ekstrem), cukup untuk menjaga keandalan pasokan listrik dari PLTA.
- c. Debit Andalan dengan Probabilitas (99%): Kebutuhan Air Baku
 Dalam Air Baku Q_{99%} adalah debit yang tercapai 99% dari waktu yang memberi jaminan ketersediaan air yang sangat tinggi sepanjang tahun. Hanya 1% dari waktu dalam setahun aliran sungai akan berada di bawah nilai Q_{99%}.

3.3 Metode Debit Rata-Rata Minimum dan Maximum (Data Debit)

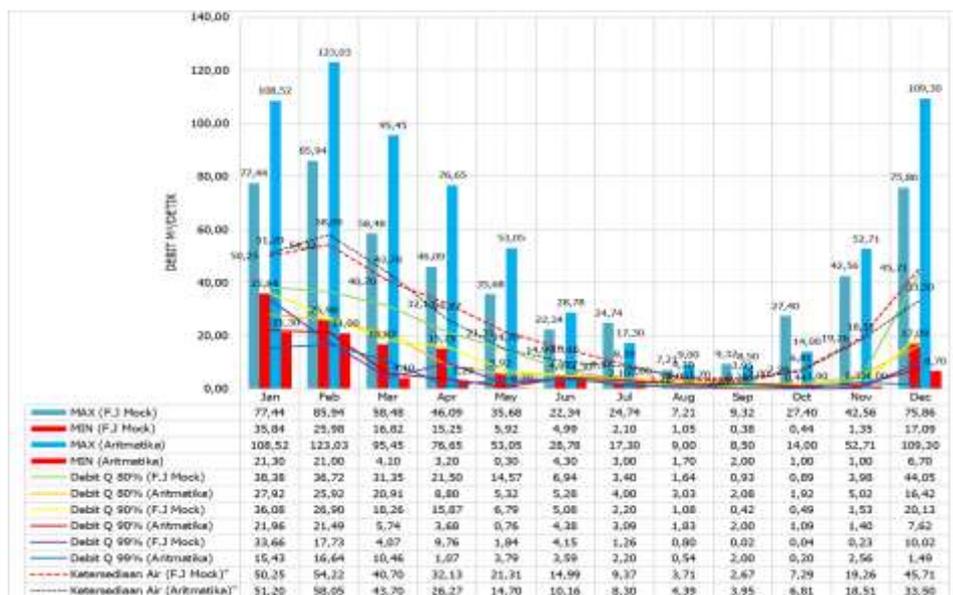


Gambar 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Data Debit Rata-rata Minimum dan Maximum Tahun 2014 - 2023 Lekopaccing

Berdasarkan Gambar 3, data yang tidak mencukupi kebutuhan untuk debit andalan Q_{99%} terdapat pada debit rata-rata minimum yang terjadi pada bulan Mei sebesar 0,30 m³/detik, Agustus sebesar 1,70 m³/detik, September sebesar 2,00 m³/detik,

Oktober sebesar 1,00 m³/detik dan November sebesar 1,00 m³/detik. Sedangkan data yang tidak mencukupi kebutuhan untuk ketiga debit andalan F.J Mock (Q80%, Q90% dan Q99%) terjadi pada bulan Agustus sebesar 1,70 m³/detik, September sebesar 2,00 m³/detik dan Oktober sebesar 1,00 m³/detik dan November sebesar 1,00 m³/detik. Jadi, pada bulan Mei s/d November terjadi krisis akan ketersediaannya air, dan pada bulan berikutnya ketersediaan air pun mulai dapat memenuhi kembali memenuhi berbagai kebutuhan di sekitar Sub DAS Pucak.

3.4 Analisa debit andalan metode F.J Mock dan Metode debit rata-rata Tahunan



Gambar 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Andalan Sub DAS Pucak Dengan Metode F.J Mock Tahun 2014 – 2023 dan Data Debit Rata-rata Minimum dan Maximum Tahun 2014 - 2023 Lekopacking.

Berdasarkan gambar 4, diperoleh analisis debit andalan untuk irigasi 80% metode F.J Mock yang terbesar yaitu 44,05 m³/detik dan terkecil yaitu 0,89 m³/detik. Untuk kebutuhan PLTA 90% yang terbesar yaitu 36,08 m³/detik dan terkecil yaitu 0,42 m³/detik. Serta untuk kebutuhan air baku 99% yang terbesar yaitu 33,66 m³/detik dan terkecil yaitu 0,07 m³/detik. Sedangkan debit andalan Metode Aritmatika kebutuhan irigasi 80% yang terbesar yaitu 27,92 m³/detik dan terkecil yaitu 1,92 m³/detik. Untuk kebutuhan PLTA 90% yang terbesar yaitu 21,96 m³/detik dan terkecil yaitu 0,76 m³/detik. Untuk kebutuhan air baku 99% terbesar yaitu 16,64 m³/detik dan terkecil yaitu 0,20 m³/detik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air di Sub DAS Pucak Maros untuk kebutuhan irigasi, air baku dan PLTA disetiap bulannya terpenuhi kecuali

pada bulan September. Kebutuhan irigasi yang tidak terpenuhi pada Metode F.J Mock dan Aritmatika masing-masing 0,93 m³/detik dan 2,08 m³/detik. Kebutuhan PLTA yang tidak terpenuhi pada Metode F.J Mock dan Aritmatika masing-masing 0,42 m³/detik dan 2,00 m³/detik. Kebutuhan air baku yang tidak terpenuhi pada Metode F.J Mock dan Aritmatika masing-masing 0,07 m³/detik dan 2,00 m³/detik. Debit andalan metode F.J Mock untuk kebutuhan Irigasi 80% yang terbesar 44,05 m³/detik dan terkecil 0,89 m³/detik. Untuk kebutuhan PLTA 90% yang terbesar 36,08 m³/detik dan terkecil 0,42 m³/detik. Untuk kebutuhan air baku 99% yang terbesar 33,66 m³/detik dan terkecil 0,07 m³/detik. Sedangkan debit andalan Metode Aritmatika untuk kebutuhan Irigasi 80% yang terbesar 27,92 m³/detik dan terkecil 1,92 m³/detik. Untuk kebutuhan PLTA 90% yang terbesar 21,96 m³/detik dan terkecil 0,76 m³/detik. Untuk kebutuhan air baku 99% terbesar 16,64 m³/detik dan terkecil yaitu 0,20 m³/detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada Bapak Dr. Ir. H. Riswal K, S.T., M.T., IPM., Asean Eng dan Bapak Dr. Amrullah Mansida, S.T., M.T., IPM., Asean Eng, selaku pembimbing kami, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam menyempurnakan karya ini. Dukungan dan dedikasi yang diberikan telah menjadi motivasi utama dalam penyelesaian artikel ini.

Semoga artikel ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca dan peneliti di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, F., & Saves, F. (2023). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Dan Neraca Air Pada Bendung Rejosari Kab. Jombang. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 2023 - 2815.
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chairi, R. (2019). *Analisis Ketersediaan Air dengan Metode F.J Mock pada daerah Aliran Sungai Babura*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Handayani, D., & Lubis, H. (2021). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Jenis Potensi Rawan Bencana Alam Di Wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Bekasi. *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 6(2), 203 -222.
- Ikhlas, A. (2024). Penerapan Prinsip Ekonomi dalam Manajemen Sumber Daya Air. *Circle Archieve*, 1(5), 1 – 13.

- Jatiningrum, D. W., & Amalia, D. D. (2021). *Analisis Ketersediaan Air Daerah Aliran Sungai Karanggeneng Dengan Metode Mock*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi, Kreteria perencanaan Bagian Jaringan Irigasi Jakarta*. Jakarta : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Limantara, L. M. (2018). *Rekayasa Hidrologi Edisi Revisi*. Indonesia: Andi Offset.
- Najimuddin, D., Nuraini, E., & Saputra, B. M. (2023). *Evaluasi Sistem Pemberian Air Irigasi Lahan Pertanian Pada Saluran Primer Orong Budi Jaya Jawa Desa Lopok Beru, 4(2)*, 1 - 7.
- Santosa, B., Yasin, N., Rakhmawati, G., Handayani, T., & Wulan, A. (2024). Analisis Debit Aliran Rendah Pada Daerah Aliran Tidak Terukur Menggunakan Metode Mock. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 23(1), 46 - 55.
- Setiawan, A., & Mushthofa. (2022). Analisis Debit Andalan Pada Sungai Pacal Di Hulu Bendung Klepek Untuk Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Daerah Irigasi Pacal Kiri). *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 1 - 14.
- Seyhan, E. (1977). *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Zuhrotin, E. S., Rahman, T., & Widayati, R. (2018). Studi Alternatif Pemenuhan Sumber Air Baku Kota Balikpapan Dengan Cara Mensuplay Air Dari Mahakam Ke Manggar. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil*, 2(2), 27 – 37.