

**Kajian Neraca Air Di Wilayah Sungai Cengal-Batulicin Dengan Fj. Mock
Yang Di Validasi HEC-HMS**

***Study Of Water Balance In The Cengal-Batulicin River Area With FJ. Mock
Validate HEC-HMS***

Anissa Yushafira¹⁾, Totok Dwi Kuryanto ²⁾, Adhitya Surya Manggala r³⁾

Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : yushafiraanissa99@gmail.com¹

Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember *Koresponden Author

Email : totok@unmuhjember.ac.id²

Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : adhityasm@unmuhjember.ac.id³

Abstrak

Wilayah sungai Cengal-Batulicin merupakan wilayah sungai yang terletak di Provinsi Kalimantan Selatan dan terdiri dari 62 DAS. DAS Batulicin, DAS Cantung, DAS Cengal, DAS Kusan, dan DAS Sampanahan merupakan DAS terbesar di Wilayah Sungai Cengal-Batulicin. Seiring dengan bertambahnya penduduk dari tahun ke tahun mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan air baik dari berbagai sektor. Selain itu perubahan iklim juga menyebabkan tidak menentunya curah hujan sehingga menyebabkan ketersediaan air berkurang dan alokasi air jadi tidak terpenuhi. Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan sumber daya air untuk mengetahui besarnya debit ketersediaan air dengan andalan 80% dan kebutuhan air dengan proyeksi pertumbuhan penduduk beberapa tahun kedepan. Adapun analisis yang akan dilakukan meliputi analisis debit andalan atau ketersediaan air menggunakan metode FJ.Mock yang kemudian divalidasi HEC-HMS dan analisis kebutuhan air menggunakan metode analisis proyeksi kebutuhan air. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh debit andalan 80% tertinggi adalah 1,59 m³/detik pada DAS Sampanahan sedangkan dengan pemodelan HEC-HMS diperoleh debit andalan 80% tertinggi adalah 4,72 m³/detik pada DAS Kusan. Kebutuhan air rata-rata saat ini yang dibutuhkan sebesar 0,02-0,2 m³/detik dengan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2050 sebesar 0,04-0,3 m³/detik. Neraca air pada DAS Batulicin pada tahun 2014 mengalami defisit sebesar -0,03 m³/detik sedangkan tahun lainnya hingga tahun 2050 disetiap DAS mengalami surplus.

Kata Kunci : Metode Mock, HEC-HMS, Debit Andalan, Kebutuhan Air, Neraca Air.

Abstract

The Cengal-Batulicin river area is an area located in the province of South Kalimantan which consists of 62 watersheds. The Batulicin, Cantung, Cengal, Kusan, and Sampanahan watersheds are the largest watersheds in the Cengal-Batulicin River Basin. Coupled with the growth of the population from year to year resulting in an increasing demand for water from various sectors. In addition, climate change also causes erratic rainfall, causing water availability to decrease and water allocations to be unfulfilled. Therefore, it is necessary to manage water resources to determine the magnitude of the discharge of water availability with a reliability of 80% and water demand with projected population growth in the next few years. The analysis that will be carried out includes analysis of the mainstay discharge or water availability using the FJ.MOCK method which is then validated by HEC-HMS and analysis of water needs using the water demand projection analysis method. Based on the calculation results, the highest reliable 80% discharge is 1.59 m³/second in the Sampanahan Watershed, while using HEC-HMS modeling, the highest reliable 80% discharge is 4.72 m³/second in the Kusan Watershed. The current average water demand is 0.02-0.2 m³/second with a projected population in 2050 of 0.04-0.3 m³/second. The water balance in the Batu Slippery watershed in 2014 experienced a deficit of -0.03 m³/second, while in other years until 2050 each watershed experienced a surplus.

Keywords: *Mock Method, HEC-HMS, Mainstay Discharge, Water Needs, Water Balance*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang mutlak dibutuhkan oleh makhluk hidup, baik itu untuk kebutuhan manusia, tumbuhan, maupun hewan. Air bersifat dapat diperbaharui akan tetapi air juga mengalami perubahan baik segi jumlah maupun mutu (Riyadi, 2006).

Keberadaan air sangat bervariasi tergantung pada lokasi dan musim. Pada saat musim basah (hujan). Pada bulan Oktober s/d April lebih besar dibandingkan pada saat musim kering (kemarau) pada April s/d Oktober dimana ketersediaan airnya mulai berkurang.

Kebutuhan akan air yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk juga akan bertambahnya sektor yang harus dilayani, maka dari itu harus diantisipasi karena tanpa adanya air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung. Hal ini tentu saja menjadi perhatian yang sangat penting mengingat keberadaan air yang bisa dimanfaatkan terbatas sedangkan kebutuhan manusia tidak terbatas sehingga perlu suatu pengelolaan yang baik agar air dapat dimanfaatkan secara lestari (Soemarto, 1987).

B. Rumusan Masalah

Maka rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Bagaimana menghitung debit andalan 80% disetiap Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan menggunakan metode F.J Mock dan HEC-HMS?
2. Bagaimana menghitung jumlah kebutuhan air disetiap Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk saat ini dan tahun 2050?
3. Bagaimana analisa keseimbangan air dan tingkat kekritisian air disetiap Daerah Aliran Sungai?

C. Tujuan

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan yang terjadi maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung besaran debit andalan 80% disetiap DAS dengan menggunakan metode F.J. Mock dan HEC-HMS
2. Menghitung jumlah kebutuhan air disetiap Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk saat ini dan tahun 2050
3. Menganalisa keseimbangan air dan tingkat kekritisian air disetiap Daerah Aliran Sungai

D. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai wawasan dan pengetahuan bagi peneliti sendiri akan mengetahui ketersediaan air di DAS Batulicin, Catung, Cengal, Kusan dan Sampanahan.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi guna menjadi acuan atau referensi bagi peneliti lainnya untuk menganalisa neraca air dengan menggunakan metode F.J Mock dan HEC-HMS.
3. Untuk masyarakat sebagai informasi dengan adanya analisa ketersediaan dan kebutuhan air ini diharapkan dapat membantu dalam penerapan pengelolaan air untuk masyarakat khususnya yang berada di sekitar Daerah Aliran Sungai tersebut.

E. Batasan Masalah

Peneliti membatasi masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Menggunakan data curah hujan 10 tahun dari tahun 2011 sampai dengan 2020
2. Menggunakan data klimatologi 10 tahun dari tahun 2011 sampai dengan 2020
3. Menggunakan aplikasi bantu HEC-HMS (*Hydrologic Enginerring Center-Hydrologic Modeling System*).
4. Lingkup yang diamati hanya berada pada Daerah Aliran Sungai Batulicin, Cantung, Cengal, Kusan, dan Sampanahan.
5. Kebutuhan air yang dihitung yaitu kebutuhan air penduduk

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan langkah yang paling penting untuk menghitung potensi air yang ada pada daerah tertentu untuk dapat dimanfaatkan dan dikembangkan serta mengendalikan potensi air untuk kepentingan masyarakat disekitar daerah tertentu. Perhitungan hidrologi mencakup perhitungan curah hujan, curah hujan wilayah dan debit.

B. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan faktor penting dalam memprediksi debit dari data curah hujan dan klimatologi dengan menggunakan metode Mock. Karena evapotranspirasi ini memberikan nilai yang besar untuk terjadinya debit dari suatu daerah aliran sungai (Bappenas, 2006). Berikut ini merupakan perhitungan evapotranspirasi berdasarkan rumus penman yang sudah dimodifikasi sesuai kondisi di daerah Indonesia

$$E_p = c \times E_p^*$$

$$E_p^* = W (0,75.R_s - R_{n1}) + ((1-W).f(u).(e_a - e_d)).$$

Dimana :

E_p = Evapotranspirasi potensial
 C = Angka koreksi penman
 W = Interpolasi
 $f(u)$ = Fungsi kecepatan angin
 R_s = Radiasi yang datang
 R_{n1} = Radiasi netto gelombang panjang
 e_a = Tekanan uap air
 e_d = Tekanan uap sebenarnya

C. F.J Mock

Metoda Mock adalah suatu metode untuk memperkirakan keberadaan air berdasarkan konsep water balance. Menurut Bappenas (2007), Mock merupakan metode pendekatan model hujan-debit yang biasa digunakan di Indonesia karena penerapannya mudah dan jenis data yang digunakan relatif lebih sedikit.

D. HEC-HMS

HEC-HMS dirancang untuk simulasi proses hujan-aliran pada suatu sistem tangkapan hujan atau daerah aliran sungai

DAS. Dalam *software* HEC-HMS terdapat beberapa komponen utama yaitu *basin model*, *meteorologic model*, *kontrol spesication*, *time-series data*.

E. Debit Andalan

Dalam memperoleh debit andalan sungai, metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Weibull*. Menurut Suripin (2003), persamaan *Weibull* merupakan salah satu persamaan yang paling sering digunakan. Besarnya debit andalan dengan peluang 80% dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

P = Probabilitas (%)
 m = nomor urut data dari besar ke kecil
 n = jumlah data

F. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk rumah tangga. Berdasarkan acuan yang telah ditetapkan SNI 6728.1:2015 kebutuhan air domestik dinyatakan dalam satuan L/O/H (Liter/Orang/Hari), dengan besar kebutuhan tergantung dari kategori kota yang berdasarkan jumlah penduduk.

$$Q_{\text{domestik}} = P_t \times U_n$$

Dimana :

Q_{domestik} = jumlah kebutuhan air penduduk
 P_t = jumlah penduduk pada tahun yang bersangkutan
 U_n = standar kebutuhan air

Analisis untuk memperkirakan jumlah penduduk beberapa tahun mendatang dihitung menggunakan metode geometrik.

$$P_n = P_o (1 + r)^t$$

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun proyeksi

Po = Jumlah penduduk awal tahun dasar
r = Angka pertumbuhan penduduk (%)
t = Selisih antara tahun dasar dengan tahun proyeksi.

G. Neraca Air

Neraca air menjelaskan tentang hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) disuatu daerah pada periode tertentu dalam proses sirkulasi air. Secara umum persamaan neraca air dirumuskan sebagai berikut :

$$I = O$$

Dimana :

I = masukan (*Inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

H. Kekritisan Air

Indeks kekritisan air adalah angka yang menunjukkan prosentase perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air. Indeks kekritisan air dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$IKA = \frac{W_n}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

IKA = indeks kekritisan air (%)

W_n = jumlah kebutuhan air (m³)

W_s = jumlah ketersediaan air (m³)

Klasifikasi indeks kekritisan air dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas.

Tabel 1 Klasifikasi Indeks Kekritisan Air

No	Indeks Kekritisan Air	Klasifikasi
1	< 50%	Tidak Kritis
2	50 - 75%	Mendekati Kritis
3	76 - 100%	Kritis
4	> 100%	Sangat Kritis

Sumber : Direktorat Bina Program, 1984 dalam Martopo, 1991.

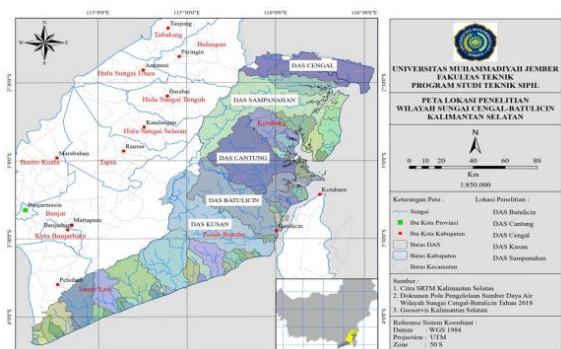
3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Wilayah Sungai Cengal-Batulicin yaitu DAS Batu licin,

Cantung, Cengal, Kusan dan Sampanahan Provinsi Kalimantan Selatan.

Luas DAS Batulicin 1381,42 km² dan panjang sungai utama 120,50 km, Cantung 1465,45 km² dan panjang sungai utama 76,26 km, Cengal 1155,17 km² panjang sungai utama 76,26 km, Kusan 1735,51 km² dan panjang sungai utama 111,35 km , Sampanahan, 1791,97 km² dan panjang sungai utama 147,13 km.



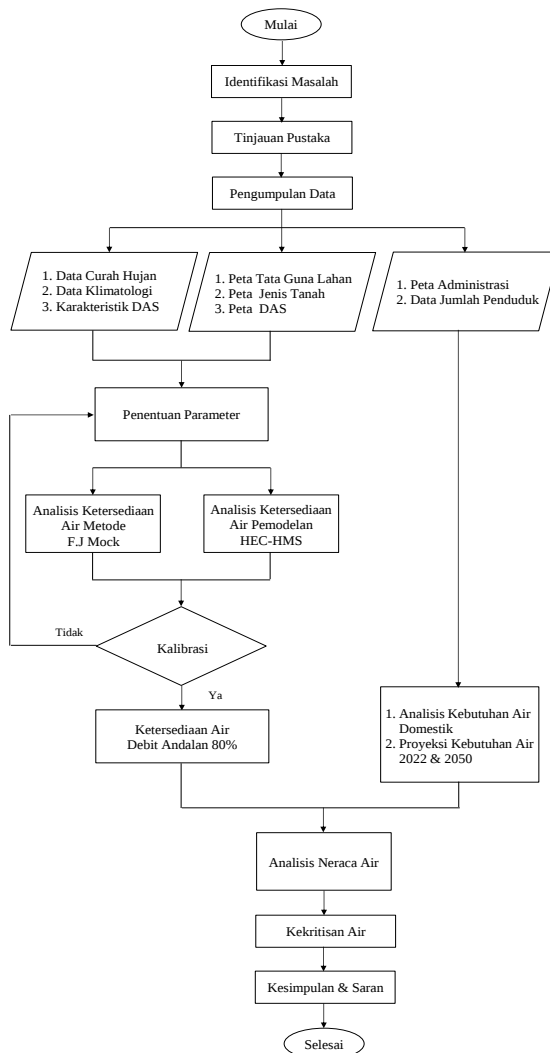
Gambar 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Hasil Analisis Arc-GIS, 2023)

Pelaksanaan studi kajian neraca air di wilayah sungai Batu-licin dengan FJ.MOCK yang di validasi HEC-HMS dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

1. **Tahap pendahuluan** yaitu dengan mencari studi literatur yang terkait dengan penelitian ini, tahap pengumpulan data.
2. **Pengumpulan data** yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder. Data sekunder. Data yang diperoleh meliputi Peta administrasi, Peta DAS, Peta tataguna lahan, Data penduduk , Data curah hujan, Data klimatologi, Peta jenis tanah
3. **Pengolahan data**, dalam melakukan perhitungan pada studi ini diperlukan langkah-langkah dalam pengolahan data. Pengolahan data meliputi beberapa tahapan yaitu:
 - a. Analisis Hidrologi
 - b. Analisis Evapotranspirasi
 - c. Analisis Fj.Mock
 - d. Analisis Hec-Hms
 - e. Analisis Debit Andalan
 - f. Kebutuhan Air

- g. Proyeksi Kebutuhan Air
- h. Neraca Air
- i. Tingkat Kekeringan Air

B. Diagram Alir Penelitian



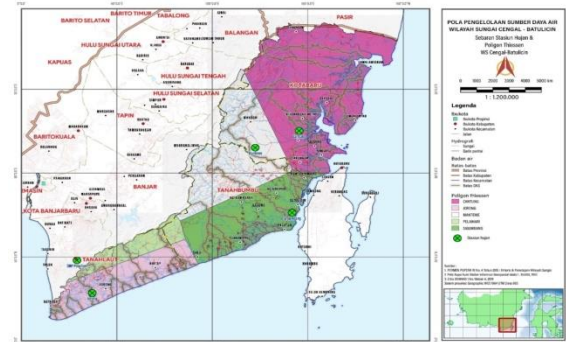
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian.
(Sumber : Penulis, 2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi data yang digunakan adalah data curah hujan dari hasil tangkapan yang diperoleh dilapangan dengan menggunakan alat otomatis atau manual.

Dalam analisis dan pembahasan di Wilayah Sungai Cengal-Batulicin ini terdapat 5 stasiun hujan terdekat, yaitu stasiun hujan mentewe, cantung, jombang, jorong dan segumbang. Analisa curah hujan dilakukan menggunakan metode Polygon Thiessen.



Gambar 3 Peta Polygon Thiessen
Sumber : RPSDA WS Cengal-Batulicin, 2018)

Tabel 2 Luas Wilayah Sta. Curah Hujan

No.	Nama DAS	Luas (Km ²)	Luas		
			STA. Sigumbang	STA. Mentewe	STA. Cantung
1	Batulicin	1381.42	249.22	1132.20	-
2	Cantung	1465.45	-	283.15	1182.30
3	Cengal	1155.17	-	-	1155.17
4	Kusan	1735.51	396.83	1151.74	-
5	Sampanahan	1791.97	-	104.54	1687.43

(Sumber : RPSDA WS Cengal-Batulicin, 2018)

Tabel 3 Curah hujan wilayah

Tahun	Curah Hujan Wilayah Batulicin											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2011	84.7	81.9	73.7	89.1	55.5	30.2	93.5	16.1	141.6	108.4	105.3	134.5
2012	127.8	131.5	133.8	116.1	101.4	118.4	123.7	35.3	109.0	97.9	111.3	149.4
2013	153.9	131.6	143.5	170.4	138.1	106.9	171.0	59.3	101.9	54.2	129.6	8.7
2014	9.7	19.5	6.9	5.4	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.6
2015	165.5	157.7	213.0	165.1	54.0	61.3	49.9	4.0	1.9	0.5	40.0	130.8
2016	118.0	136.2	94.5	131.7	171.2	43.3	142.0	48.4	185.8	195.9	180.3	117.5
2017	120.3	167.5	136.2	167.4	205.6	223.7	165.3	166.7	112.7	141.8	150.8	137.7
2018	186.1	251.3	252.2	122.8	89.8	156.2	72.8	42.9	44.0	185.7	168.4	312.2
2019	205.6	173.1	66.4	135.7	189.7	233.8	43.4	4.2	7.0	30.9	54.9	42.2
2020	119.6	272.7	219.1	220.8	161.1	135.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tahun	Curah Hujan Wilayah Cantung											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2011	205.4	95.9	172.8	252.2	69.4	83.1	101.8	28.9	116.4	204.5	130.3	206.9
2012	168.9	217.5	174.6	166.3	197.1	193.6	235.9	112.4	90.1	69.8	155.9	189.9
2013	240.6	226.2	219.9	225.6	203.9	159.1	187.1	137.8	218.1	54.0	180.3	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	372.6
2015	145.2	261.7	294.2	333.5	98.1	200.3	38.1	33.5	0.2	0.0	163.6	286.9
2016	169.4	245.5	276.7	213.4	154.4	73.2	190.4	113.9	230.5	200.9	275.7	137.7
2017	150.5	243.1	249.2	264.6	173.3	270.9	188.8	159.3	135.0	116.6	152.7	94.0
2018	126.0	188.2	287.4	119.9	181.0	116.5	94.9	55.8	57.6	40.7	33.5	53.9
2019	32.0	33.5	8.9	22.5	32.0	41.0	175.2	29.8	1.0	46.5	86.5	217.3
2020	162.4	282.7	177.4	239.5	272.0	227.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tahun	Curah Hujan Wilayah Cengal											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	234.7	98.2	196.0	292.2	75.6	96.8	100.9	32.2	105.9	224.2	133.0	218.4
2012	173.3	232.2	178.5	173.0	215.0	206.4	261.5	129.8	80.5	60.6	161.6	193.4
2013	255.8	244.2	231.9	231.2	215.1	167.2	190.9	158.6	249.7	52.1	193.5	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	417.5
2015	134.0	281.9	307.0	367.4	107.3	233.9	34.0	40.6	0.0	0.0	195.0	319.7
2016	175.5	264.5	315.4	226.1	141.5	78.3	194.6	127.1	231.5	201.3	293.6	146.3
2017	155.6	256.1	272.4	281.1	161.6	286.3	192.9	151.2	141.5	111.0	162.0	86.0
2018	119.5	175.0	301.9	118.0	205.4	122.1	103.2	61.7	60.4	0.0	0.0	0.0
2019	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	208.4	36.3	0.0	49.5	95.3	259.2
2020	177.0	283.1	169.4	247.0	301.0	241.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tahun	Curah Hujan Wilayah Sampanahan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	225.9	97.5	189.0	280.1	73.7	92.7	101.2	31.2	109.1	218.2	132.2	214.9
2012	172.0	227.8	177.3	171.0	209.6	202.5	253.8	124.6	83.4	63.4	159.9	192.3
2013	251.2	238.8	228.3	229.5	211.7	164.7	189.7	152.3	240.2	52.7	189.5	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	403.9
2015	137.4	275.8	303.1	357.2	104.5	223.8	35.2	38.5	0.1	0.0	185.5	309.8
2016	173.7	258.8	303.7	222.3	145.4	76.8	193.3	123.1	231.2	201.2	288.2	143.7
2017	154.0	252.2	265.4	276.1	165.1	281.6	191.7	153.6	139.5	112.7	159.2	88.4
2018	121.5	179.0	297.5	118.6	198.0	120.4	100.7	59.9	59.6	12.3	10.1	16.3
2019	9.7	10.1	2.7	6.8	9.7	12.4	198.4	34.3	0.3	48.6	92.7	246.6
2020	172.6	283.0	171.8	244.7	292.2	237.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

B. Evapotranspirasi

Dalam menganalisis evapotranspirasi potensial menggunakan metode penman modifikasi. Data yang digunakan merupakan data klimatologi dari stasiun meteorologi Gusti Syamsir Alam selama kurun waktu 10 tahun.

Tabel 4 Evapotranspirasi potensial

Bulan	Evapotranspirasi
Januari	130.27
Februari	119.91
Maret	116.33
April	110.49
Mei	99.36
Juni	88.56
Juli	110.34
Agustus	128.75
September	147.23
Oktober	152.33
November	137.14
Desember	132.24

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

C. FJ. Mock

Perhitungan debit mock dihitung tiap-tiap bulan dalam satu tahun pengamatan selama 10 tahun dari tahun 2011-2020. Perhitungan debit mock DAS Sampanahan tahun 2011 bulan januari ditunjukkan pada **tabel 5**.

$$\begin{aligned}
 \text{Curah hujan (P)} &= 225,9 \text{ mm} \\
 \text{Hari hujan (n)} &= 21 \text{ hari} \\
 \text{Eto bulanan (Ep)} &= 130,27 \text{ mm} \\
 \text{Lahan terbuka (m)} &= 40 \% \\
 \text{DE/Epm} &= (m/20) \times (18-n) \\
 &= -6 \% \\
 \text{DE} &= (\text{DE/Epm}) \times (\text{Ep}) \\
 &= -7,82 \text{ mm} \\
 \text{Ea} &= \text{Ep} - \text{DE} \\
 &= 138,08 \text{ mm} \\
 \text{P-Ea} &= 87,78 \text{ mm} \\
 \text{SMS} &= \text{ISMS} + (\text{P-Ea}), \\
 &\quad \text{ISMS} = 200 \\
 \text{SMC} &= 200 \text{ mm} \\
 &= 287,78 \text{ mm} \\
 \text{Soil storage} &= 0 \text{ mm} \\
 \text{Water surplus} &= (\text{P-Ea}) + \text{SS} \\
 &= 87,78 \text{ mm} \\
 i &= 0,65 \\
 \text{Infiltrasi (I)} &= \text{WS} \times i \\
 &= 57,06 \text{ mm} \\
 k &= 0,80 \\
 \text{PF} &= 5 \% \\
 0,5 \times (1+k) \times I &= 51,35 \text{ mm} \\
 k \times (\text{Vn}-1) &= 120 \text{ mm} \\
 \text{Vn} &= (0,5 \times (1+k) \times I) + (k \times \text{Vn}-1) \\
 &= 171,35 \text{ mm} \\
 \Delta \text{Vn} &= 21,35 \text{ mm} \\
 \text{BS} &= I - \Delta \text{Vn} \\
 &= 35,71 \text{ mm} \\
 \text{DRO} &= \text{WS} - I \\
 &= 30,72 \text{ mm} \\
 \text{SRO} &= 0 \\
 \text{TRO} &= \text{BS} + \text{DRO} + \text{SRO} \\
 &= 66,43 \text{ mm} \\
 A &= 1791,97 \text{ km}^2 \\
 \text{Debit} &= \text{TRO} \times A \\
 &= 4,44 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 5 Rekapitulasi debit FJ. Mock

Bulan	Debit (m³/detik)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	4.44	2.81	3.70	1.71	2.56	4.84	3.96	2.07	0.65	2.93
Feb	2.90	4.20	4.98	1.52	6.58	6.73	6.69	3.73	0.58	7.02
Mar	4.29	3.64	4.75	1.10	7.54	8.38	6.88	6.37	0.40	4.92
Apr	6.53	3.80	5.48	0.91	10.45	7.35	8.33	3.09	0.35	6.38
Mei	3.06	4.86	5.48	0.70	5.35	5.57	6.33	5.46	0.28	8.45

Jun	3.37	5.50	5.47	0.58	7.82	4.10	9.30	4.13	0.25	8.51
Jul	2.33	6.25	5.22	0.45	4.22	6.08	7.43	2.83	3.82	4.37
Agu	1.70	3.82	4.31	0.36	3.41	4.00	5.29	2.08	1.09	3.50
Sep	1.70	2.97	5.52	0.30	2.72	5.16	4.43	1.76	0.81	2.89
Okt	2.68	2.29	2.98	0.23	2.10	4.18	3.29	1.24	0.79	2.24
Nov	1.79	2.29	4.24	0.19	4.32	6.86	3.75	1.03	0.84	1.85
Des	2.96	2.99	2.14	7.18	6.88	4.17	2.37	0.82	3.94	1.43
Min	1.70	2.29	2.14	0.19	2.10	4.00	2.37	0.82	0.25	1.43
Maks	6.53	6.25	5.52	7.18	10.45	8.38	9.30	6.37	3.94	8.51
Rerata	3.15	3.78	4.52	1.27	5.33	5.62	2.88	1.15	4.54	

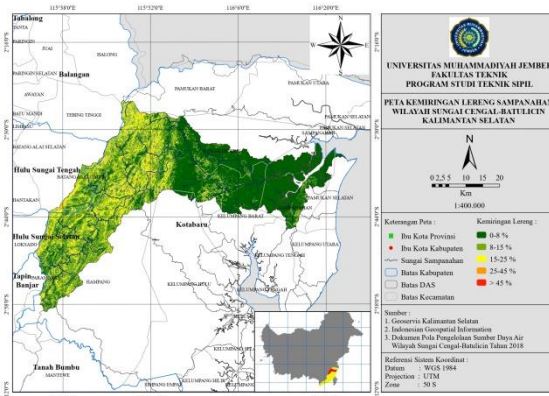
(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

D. HEC-HMS

1. Persiapan Data

Dalam pengaplikasiannya, dibutuhkan beberapa pengolahan data seperti peta tataguna lahan, jenis, kemiringan lereng, tekstur tanah, dan daerah aliran sungai dengan menggunakan program aplikasi arcgis 10.3. Dalam pengolahannya, data DEM yang digunakan adalah citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Hasil pengolahan ditunjukkan sebagai berikut :

Kemiringan lereng merupakan model ketinggian digital yang sangat penting dalam menentukan topografi daerah tangkapan.



Gambar 4 Kemiringan lereng Sampanahan
(Sumber : Pengolahan Arc-GIS, 2023)

Berdasarkan pengolahan arcgis, DAS Sampanahan termasuk wilayah yang datar karena sebesar 56,16% merupakan wilayah datar.

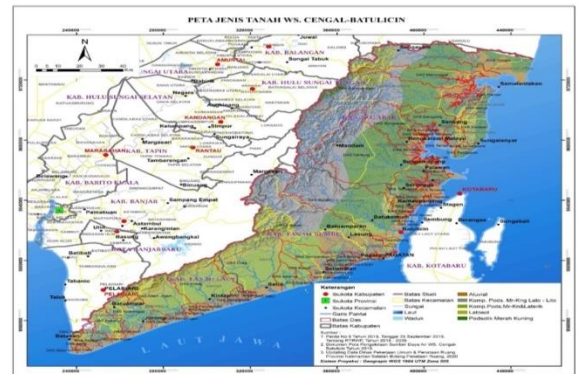
Tabel 6 Kemiringan lereng Sampanahan

No	Kemiringan Lereng	Luas (Km2)	Keterangan
1	0-8 %	1044.67	Datar
2	8-15 %	571.44	Landai
3	15-25 %	227.30	Agak Curam

4	25-45 %	16.35	Curam
5	> 45 %	0.28	Sangat Curam

(Sumber : Pengolahan data atribut, 2023)

Peta tanah digunakan untuk menghasilkan kelompok jenis tanah, dimana nilai pengelompokan tanah tersebut mempengaruhi nilai *Curve Number* (CN).



Gambar 5 Jenis tanah WS Cengal-Batulicin
(Sumber : RPSDA BWS Cengal-Batulicin)

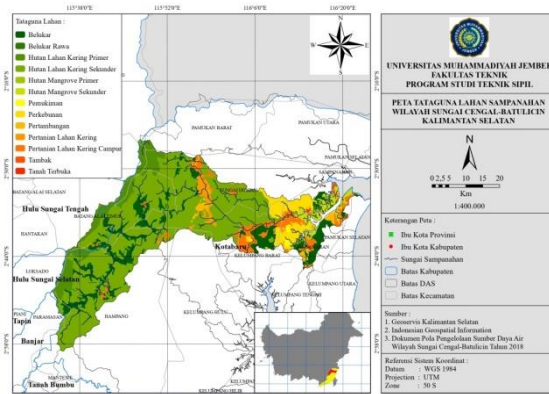
Berdasarkan hasil analisa peta jenis tanah yang diperoleh data sekunder balai wilayah sungai Cengal-Batulicin dalam pengelolaan sumber daya air tahun 2018, terdapat 5 macam jenis tanah yaitu aluvial, latosol, komposit podsolik merah kuning latosol litosol, komposit podsolik merah kuning laterit, podsolik merah kuning.

Tabel 7 Klasifikasi Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Tekstur	Kelas
1	Aluvial	liat berpasir	Medium permeability
2	podsolik merah kuning	Lempung Berpasir	Medium permeability
3	Latosol	Lempung/liat	Low permeability
4	Komp. Pods. Mr-kng Lato Lito	lempung berpasir/kerikil	Medium permeability
5	Komp. Pods. Mr-kng Laterit	lempung berpasir	Medium permeability

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

Penggunaan lahan juga digunakan dalam menentukan nilai *Curve Number* (CN) untuk membangun model HEC-HMS.



Gambar 6 Penggunaan lahan Sampanahan
(Sumber : Pengolahan Arc-Gis, 2023)

Setelah dilakukan pengolahan aplikasi, didapatkan kondisi penggunaan lahan, wilayah disetiap daerah aliran sungai tersebut sebagian besar merupakan hutan

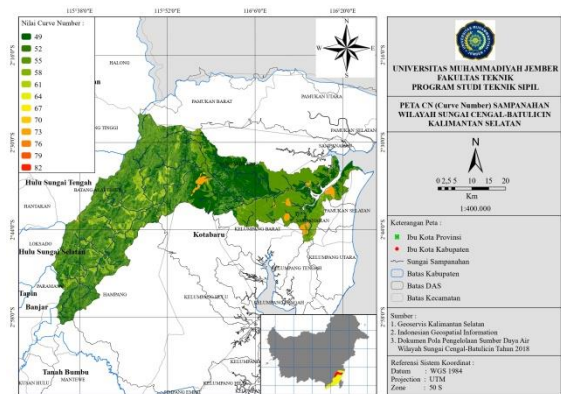
Tabel 8 Penggunaan Lahan Sampanahan

No.	Tataguna Lahan	Luas (Km ²)
1	Belukar	280.93
2	Belukar Rawa	9.74
3	Hutan Lahan Kering Primer	172.66
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	1037.09
5	Hutan Mangrove Primer	1.62
6	Hutan Mangrove Sekunder	59.12
7	Pemukiman	7.76
8	Perkebunan	99.87
9	Pertambangan	22.70
10	Pertanian Lahan Kering	40.10
11	Pertanian Lahan Kering Campur	118.42
12	Tambak	3.00
13	Tanah Terbuka	1.70

(Sumber : Pengolahan Arc-GIS, 2023)

2. Estimasi Nilai Parameter

Curve Number (CN) adalah fungsi dari penggunaan lahan dan jenis tanah yang diestimasi dengan menggunakan aplikasi arcgis. Penentuan bilangan kurva pada pemodelan HEC-HMS yaitu dengan analisis *overlay* antara peta penggunaan lahan, kemiringan lereng dan kelompok hidrologi jenis tanah.



Gambar 7 *Curve Number* Sampanahan
(Sumber : Pengolahan Arc-GIS, 2023)

Berdasarkan hasil Overlay dari peta penggunaan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng, Nilai *Curve Number* (CN) dari hasil perhitungan estimasi tersebut disajikan pada tabel 13.

Tabel 9 Nilai *Curve Number* Sampanahan

No	Legenda	Luas (km ²) A	CN
1	Belukar	280.93	55
2	Belukar Rawa	9.74	55
3	Hutan Lahan Kering Primer	172.66	52
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	1037.09	49
5	Hutan Mangrove Primer	1.62	49
6	Hutan Mangrove Sekunder	59.12	52
7	Pemukiman	7.76	73
8	Perkebunan	99.87	58
9	Pertambangan	22.70	76
10	Pertanian Lahan Kering	40.10	61
11	Pertanian Lahan Kering Campur	118.42	64
12	Tambak	3.00	55
13	Tanah Terbuka	1.70	79

(Sumber : Peengolahan Arc-GIS, 2023)

Untuk daerah aliran sungai yang memiliki jenis tanah dan tutupan lahan yang berbeda, maka nilai CN komposit ditentukan berdasarkan :

$$\begin{aligned}
 \text{CN Komposit} &= \frac{(\sum A \times \text{CN})}{\sum A} \\
 &= \frac{97345,73}{1854,73} \\
 &= 52,49 \\
 S &= \frac{25400 - 254 \times \text{CN}}{\text{CN}} \\
 &= \frac{25400 - 254 \times 52,49}{52,49}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 229,95 \\
 I_a &= 0,2 \times S \\
 &= 0,2 \times 229,95 \\
 &= 45,99 \text{ mm} \\
 T_c &= 0,57 \times A^{0,41} \\
 &= 0,57 \times 1791^{0,41} \\
 &= 12,47 \text{ jam} \\
 &= 748,21 \text{ menit} \\
 t_{lag} &= 0,6 \times T_c \\
 &= 0,6 \times 748,21 \\
 &= 448,92 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Beberapa parameter didapatkan dari hasil analisa perhitungan serta menggunakan parameter dari perhitungan metode FJ. Mock. Setelah terkumpul, tahap selanjutnya yaitu pembuatan model HEC-HMS dimana dalam penelitian ini pemodelan HEC-HMS untuk *loss method* menggunakan metode *SCS Curve Number*, *Transform method* menggunakan metode *SCS Unit Hydrograph*, *Baseflow method* menggunakan metode *Recession*, *Evapotranspiration method* menggunakan metode *Monthly Average*.

Tabel 10 Rekapitulasi debit HEC-HMS

Bulan	Debit (m³/detik)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	8.21	11.43	16.67	0.00	9.38	11.69	10.29	8.08	0.61	11.55
Feb	5.56	16.05	17.59	0.00	20.28	18.42	18.60	13.15	0.70	20.11
Mar	10.71	11.84	15.22	0.00	20.30	20.28	17.72	19.84	0.20	11.59
Apr	17.79	11.70	15.80	0.00	24.65	15.45	19.08	8.32	0.50	16.85
Mei	4.84	13.88	14.12	0.00	7.18	9.76	11.17	13.15	0.60	19.57
Jun	6.08	13.90	11.43	0.00	15.41	5.34	19.41	8.36	0.89	16.43
Jul	6.50	16.87	12.68	0.00	2.53	12.83	12.87	6.72	13.17	0.18
Agu	2.05	8.39	10.22	0.00	2.60	8.25	10.32	4.03	2.41	0.00
Sep	7.24	5.73	16.53	0.00	0.09	15.92	9.61	4.10	0.09	0.00
Okt	14.19	4.22	3.64	0.00	0.00	13.52	7.53	0.84	3.26	0.00
Nov	9.05	10.93	13.00	0.00	12.67	19.84	10.96	0.70	6.37	0.00
Des	14.10	12.78	0.15	26.73	20.62	9.71	5.95	1.10	16.40	0.00
Min	2.05	4.22	0.15	0.00	0.00	5.34	5.95	0.70	0.09	0.00
Maks	17.79	16.87	17.59	26.73	24.65	20.28	19.41	19.84	16.40	20.11
Rerata	8.86	11.48	12.25	2.23	11.31	13.42	12.79	7.36	3.77	8.02

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

E. Debit Andalan

Dari hasil perhitungan ketersediaan air dengan metode FJ.Mock dan pemodelan HEC-HMS, data tersebut kemudian dihitung debit andalan dengan besarnya angka probabilitas yang akan diambil adalah 80%.

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

Tabel 11 Debit Andalan 80% FJ. Mock

Q FJ. Mock 80%					
Tahun	Debit FJ. Mock	Debit Urutan	No. Urut	P	Debit Andalan
2011	0.13971	0.04010	0.02907	0.07538	0.03821
2012	0.14617	0.04093	0.02967	0.07848	0.03892
2013	0.15190	0.04177	0.03028	0.08116	0.03963

Tahun	Debit HEC-HMS	Debit Urutan	No. Urut	P	Debit Andalan
2011	3.15	5.67	1	9.09%	1.59
2012	3.78	5.62	2	18.18%	
2013	4.52	5.33	3	27.27%	
2014	1.27	4.54	4	36.36%	
2015	5.33	4.52	5	45.45%	
2016	5.62	3.78	6	54.55%	
2017	5.67	3.15	7	63.64%	
2018	2.88	2.88	8	72.73%	
2019	1.15	1.27	9	81.82%	
2020	4.54	1.15	10	90.91%	

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

Tabel 12 Debit Andalan 80% HEC-HMS

Q HEC-HMS 80%					
Tahun	Debit HEC-HMS	Debit Urutan	No. Urut	P	Debit Andalan
2011	8.86	13.42	1	9.09%	4.49
2012	11.48	12.79	2	18.18%	
2013	12.25	12.25	3	27.27%	
2014	2.23	11.48	4	36.36%	
2015	11.31	11.31	5	45.45%	
2016	13.42	8.86	6	54.55%	
2017	12.79	8.02	7	63.64%	
2018	7.36	7.36	8	72.73%	
2019	3.77	3.77	9	81.82%	
2020	8.02	2.23	10	90.91%	

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

Tabel 13 Debit andalan 80%

DAS	Q 80%	
	FJ. Mock	HEC-HMS
Batulicin	0.56	3.93
Cantung	1.15	3.93
Cengal	1.26	2.81
Kusan	0.56	4.72
Sampanahan	1.59	4.49

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

F. Kebutuhan Air

Kebutuhan air dihitung berdasarkan kecamatan yang masuk dalam DAS tersebut. Dengan mengacu pada SNI 6728.1:2015 tentang penyusunan neraca spasial sumber daya alam besarnya kebutuhan air untuk penduduk tergantung dari kategori kota berdasarkan jumlah penduduk.

Tabel 14 Rekapitulasi Total Kebutuhan Air

Tahun	Kebutuhan Air (m³/detik)				
	Batulicin	Cantung	Cengal	Kusan	Sampanahan
2011	0.13971	0.04010	0.02907	0.07538	0.03821
2012	0.14617	0.04093	0.02967	0.07848	0.03892
2013	0.15190	0.04177	0.03028	0.08116	0.03963

2014	0.15688	0.04262	0.03089	0.08343	0.04034
2015	0.16171	0.04344	0.03148	0.08560	0.04103
2016	0.16647	0.04421	0.03203	0.08774	0.04174
2017	0.17110	0.04495	0.03257	0.08978	0.04245
2018	0.17551	0.04568	0.03310	0.09171	0.04314
2019	0.17933	0.04643	0.03364	0.09419	0.04384
2020	0.16595	0.04319	0.03008	0.08069	0.04433
Min	0.13971	0.04010	0.02907	0.07538	0.03821
Max	0.17933	0.04643	0.03364	0.09419	0.04433
Rerata	0.16147	0.04333	0.03128	0.08481	0.04136

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

Untuk mengetahui proyeksi penduduk, terlebih dahulu dihitung laju pertumbuhan penduduk dan dianalisis proyeksi dengan metode geometrik. Berikut merupakan analisis proyeksi kebutuhan air pada DAS Sampanahan.

(laju pertumbuhan penduduk tahun 2011-2012)

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{P_n - P_o}{P_o} \times 100\% \\
 &= \frac{10279 - 10100}{10100} \times 100\% \\
 &= 0,01772
 \end{aligned}$$

Laju pertumbuhan penduduk dianalisis hingga tahun 2020 sehingga didapatkan rerata laju pertumbuhan penduduk DAS Sampanahan sebesar 0,00762. Perhitungan proyeksi penduduk DAS Sampanahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_o (1 + r.t) \\
 &= 10.868 (1 + 0,00762 \times 1) \\
 &= 10.951 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Tabel 15 Proyeksi penduduk Sampanahan

No	Tahun	Proyeksi Penduduk
1	2021	10951
2	2025	11288
3	2030	11725
4	2035	12178
5	2040	12649
6	2045	13138
7	2050	13647

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

Tabel 16 Rekapitulasi Proyeksi kebutuhan air

Tahun	Kebutuhan Air (m ³ /detik)
-------	---------------------------------------

	Batulicin	Cantung	Cengal	Kusan	Sampanahan
2020	0.16595	0.04036	0.04115	0.08069	0.04433
2025	0.18256	0.04276	0.04089	0.08422	0.04796
2030	0.20130	0.04533	0.04069	0.08792	0.05198
2035	0.22250	0.04808	0.04057	0.09179	0.05644
2040	0.24656	0.05103	0.04052	0.09584	0.06142
2045	0.27392	0.05419	0.04053	0.10008	0.06698
2050	0.30512	0.05758	0.04062	0.10452	0.07319
Min	0.16595	0.04036	0.04052	0.08069	0.04433
Max	0.30512	0.05758	0.04115	0.10452	0.07319
Rerata	0.22827	0.04848	0.04071	0.09215	0.05747

(Sumber : Pengolahan data, 2023)

G. Neraca Air

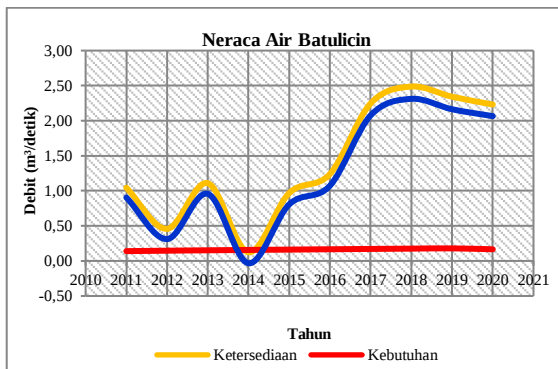
Neraca air diperoleh dari selisih ketersediaan dan kebutuhan air, sehingga didapatkan neraca air sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Neraca Air} &= \text{Ketersediaan} - \text{Kebutuhan Air} \\
 &= 3,15 - 0,03821 \\
 &= 3,11 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

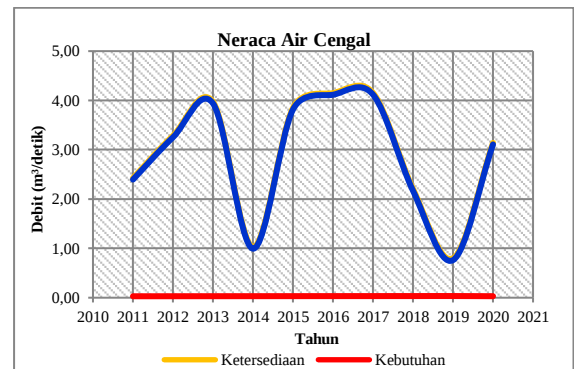
Berdasarkan analisis tersebut neraca air pada DAS Sampanahan tahun 2011 sebesar 3,11 m³/detik, hal ini dapat disimpulkan bahwa neraca air pada daerah aliran sungai Sampanahan menunjukkan nilai surplus atau positif. Hasil analisis yang diperoleh dapat disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 17 Neraca air

Tahun	Batulicin	
	Neraca Air	Keterangan
2011	0.90	Surplus
2012	0.31	Surplus
2013	0.96	Surplus
2014	-0.03	Defisit
2015	0.81	Surplus
2016	1.07	Surplus
2017	2.08	Surplus
2018	2.31	Surplus
2019	2.16	Surplus
2020	2.07	Surplus



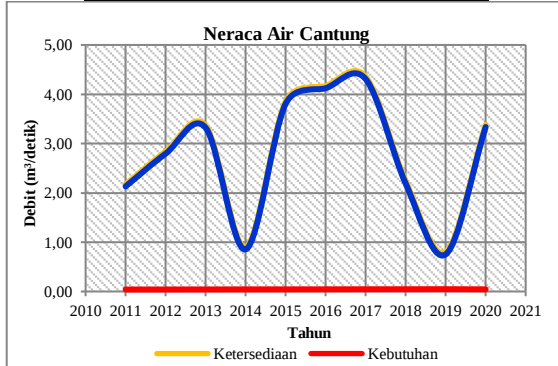
Gambar 8 Grafik neraca ari Batulicin



Gambar 10 Grafik neraca air Cengal

Tabel 18 Neraca air

Tahun	Cantung	
	Neraca Air	Keterangan
2011	2.13	Surplus
2012	2.79	Surplus
2013	3.32	Surplus
2014	0.85	Surplus
2015	3.81	Surplus
2016	4.12	Surplus
2017	4.31	Surplus
2018	2.19	Surplus
2019	0.75	Surplus
2020	3.34	Surplus



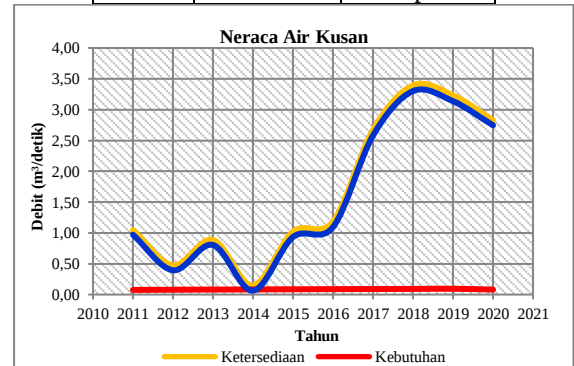
Gambar 9 Grafik neraca air Cantung

Tabel 19 Neraca air

Tahun	Cengal	
	Neraca Air	Keterangan
2011	2.40	Surplus
2012	3.25	Surplus
2013	3.94	Surplus
2014	0.99	Surplus
2015	3.82	Surplus
2016	4.12	Surplus
2017	4.12	Surplus
2018	2.17	Surplus
2019	0.76	Surplus
2020	3.11	Surplus

Tabel 20 Neraca air DAS Kusan

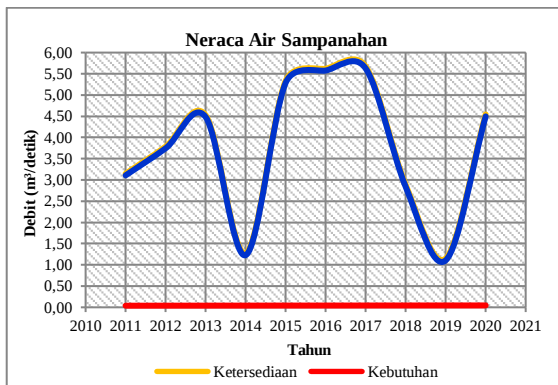
Tahun	Kusan	
	Neraca Air	Keterangan
2011	0.97	Surplus
2012	0.39	Surplus
2013	0.80	Surplus
2014	0.06	Surplus
2015	0.93	Surplus
2016	1.10	Surplus
2017	2.58	Surplus
2018	3.30	Surplus
2019	3.14	Surplus
2020	2.75	Surplus



Gambar 11 Grafik neraca air Kusan

Tabel 21 Neraca air

Tahun	Sampanahan	
	Neraca Air	Keterangan
2011	3.11	Surplus
2012	3.75	Surplus
2013	4.48	Surplus
2014	1.23	Surplus
2015	5.29	Surplus
2016	5.58	Surplus
2017	5.63	Surplus
2018	2.84	Surplus
2019	1.11	Surplus
2020	4.50	Surplus



Gambar 12 Grafik neraca air Sampanahan
(Sumber : Pengolahan data, 2023)

H. Tingkat Kekritisan

Dari analisis ketersediaan dan kebutuhan air yang didapat, kekritisan air di suatu daerah aliran sungai Sampanahan tahun 2011 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{IKA} &= \frac{W_n}{W_s} \times 100 \\ &= 1,12 \% \end{aligned}$$

Dari analisa tersebut, indeks kekritisan air pada daerah aliran sungai Sampanahan tahun 2011 adalah tidak kritis. Hal ini dikarenakan indeks kekritisan air pada DAS Sampanahan sebesar 1,12 % dimana kategori tersebut masih dibawah 50% (< 50%).

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Pada metode FJ.Mock didapatkan debit andalan 80% pada DAS Batulicin 0,56 m³/detik, DAS Cantung 1,15 m³/detik, DAS Cengal 1,26 m³/detik, DAS Kusan 0,56 m³/detik, dan DAS Samapanahan 1,59 m³/detik. Sedangkan debit andalan 80% dengan pemodelan HEC-HMS pada DAS Batulicin didapatkan 3,93 m³/detik, DAS Cantung 3,93 m³/detik, DAS Cengal 2,81 m³/detik, DAS Kusan 4,72 m³/detik dan DAS Sampanahan 4,49 m³/detik.
2. Rerata kebutuhan Air Batulicin 0,1614 m³/detik, Cantung 0,0433 m³/detik, Cengal 0,0312 m³/detik, Kusan 0,0848 m³/detik dan Sampanahan 0,0413 m³/detik.

Proyeksi Kebutuhan Air tahun 2050 pada DAS Batulicin 0,3051 m³/detik, Cantung 0,0575 m³/detik, Cengal 0,0406 m³/detik, Kusan 0,1045 m³/detik dan Sampanahan 0,0732 m³/detik

3. Berdasarkan hasil analisis neraca air bahwa pada DAS Batulicin tahun 2014 menunjukkan ketersediaan air bernilai *defisit* atau negatif sebesar -0,03 m³/detik sedangkan untuk tahun lainnya hingga tahun 2050 disetiap DAS menunjukkan ketersediaan air bernilai *surplus* atau positif dengan indeks kekritisan air yaitu tidak kritis

B. Saran

1. Perlu adanya data observasi sebagai pembanding untuk mendapatkan parameter yang tepat sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat
2. Untuk penelitian selanjutnya dalam pengolahan aplikasi HEC-HMS dapat dilakukan analisis-analisis yang berbeda dengan model dan metode yang tersedia pada aplikasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat
3. Lahan konservasi harus dilestarikan sebagai lahan penangkap air

6. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, D. J. (2010). Perbandingan Model Hujan-Debit Menggunakan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Model System*) Dan FJ. Mock Di Sub DAS Bang. Jurnal Universitas Brawijaya.
- Fakhrurrazi, F. (2012). Analisis Ketersediaan Air DAS Asam-asam Dengan Menggunakan Debit Hasil Perhitungan Metode Mock. *Jurnal Poros Teknik*, 4(2), 57-64.
- Rizal, N. S. (2014). Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air. LPPM Unmuh Jember.
- Saripatul, A. (2020). *Analisis Ketersediaan Air Permukaan Kawasan Ekonomi Khusus Wisata Mandalika Dengan Menggunakan Software HEC-HMS (Studi Kasus di Daerah Aliran Sungai Kawasan*

- Mandalika Resort*) (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Saves, F., & Sugianto, A. (2020). Perencanaan Embung Berdasarkan Kebutuhan Air Baku Desa Pasarenan Kabupaten Sampang Tahun 2027. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1-6.
- SNI 6728.1 : 2015 Tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam-
Bagian 1 : Sumber Daya Air