



Analisis Neraca Air Sungai Bantimurung Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung

Putriani¹, Muhammad Arsyad², Agus Susanto³, Vistarani Arini Tiwow⁴

¹Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Makassar

Jl. Mallengkeri Raya, Kota Makassar 90224, Sulawesi Selatan, Indonesia

²Balai Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung

Jl. Poros Maros Bone Km. 12 Bantimurung, Kota Maros 90561, Sulawesi Selatan, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: putrianijhn@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pola curah hujan dan neraca air di Kawasan Karst Maros, Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, dengan menggunakan data curah hujan dan suhu selama 33 tahun (1991-2023) dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Hasil penelitian menunjukkan pola curah hujan dipengaruhi oleh musim, dengan puncak curah hujan pada bulan Desember-Februari akibat musim barat, dan terendah pada bulan Juni-Agustus akibat musim timur. Metode Thornthwaite menunjukkan surplus air tertinggi terjadi pada bulan Januari (428,21 mm) dan terendah pada bulan Mei (19,52 mm), sedangkan defisit air mulai terjadi pada bulan Juni (0,37 mm) dan mencapai puncaknya pada bulan September sebesar 73,39 mm.

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diserahkan Agustus 2024

Diterima Desember 2024

Tersedia online Desember 2024

Kata Kunci:

Curah hujan, Surplus, Defisit.

ABSTRACT

This study analyzes the rainfall patterns and water balance of the Maros Karst Region in Bantimurung Bulusaraung National Park, using 33 years of rainfall and temperature data (1991-2023) from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency. Results show a monsoon-driven rainfall pattern, with peak rainfall in December-February due to the west monsoon, and the lowest in June-August during the east monsoon. The Thornthwaite method indicates the highest water surplus in January (428.21 mm) and lowest in May (19.52 mm), while water deficits begin in June (0.37 mm), peaking in September at 73.39 mm.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted Agustus 2024

Accepted December 2024

Available online December 2024

Keyword:

Rainfall, Excess, Deficit.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merujuk pada perubahan kondisi fisik atmosfer bumi, seperti suhu dan distribusi curah hujan, yang berdampak luas pada berbagai aspek kehidupan manusia. Perubahan ini berlangsung tidak hanya dalam waktu singkat, tetapi dalam jangka Panjang [1]. Penyebab utama perubahan iklim adalah peningkatan gas rumah kaca, yang mempercepat pemanasan global dan meningkatkan frekuensi peristiwa cuaca ekstrem. Perubahan iklim menjadi tantangan global yang semakin mendesak dan memberi dampak serius terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk ketersediaan air [2].

Kawasan karst, seperti yang ditemukan di banyak bagian dunia termasuk Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia, memiliki karakteristik geologis yang unik [3]. Kawasan Karst Maros, yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia, merupakan salah satu wilayah karst terbesar di dunia. Kawasan ini memiliki 268 gua, termasuk Gua Salukang Kallang yang memiliki sistem tata air yang baik. Gua ini menjadi sumber sungai permukaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bantimurung dan menyediakan air bersih bagi masyarakat sekitarnya. DAS Bantimurung, dengan panjang sekitar ± 7 km, berhulu di kawasan karst dan bermuara di Sungai Maros, menjadikannya sebagai sumber air segar untuk pertanian dan Perusahaan Daerah Air

Minum (PDAM) Kabupaten Maros [4]. Kawasan ini memiliki peran penting dalam menyediakan air bagi penduduk setempat dan memiliki nilai ekologi yang tinggi. Namun, kawasan karst Maros mengalami kerentanan yang meningkat terhadap perubahan iklim global. Fenomena ekstrem seperti fluktuasi curah hujan yang tidak terduga dan musim kemarau yang lebih panjang telah menjadi tantangan serius bagi pengelolaan sumber daya air. Selain itu, perubahan iklim juga berpotensi mempengaruhi tingkat aliran sungai dan kualitas air.

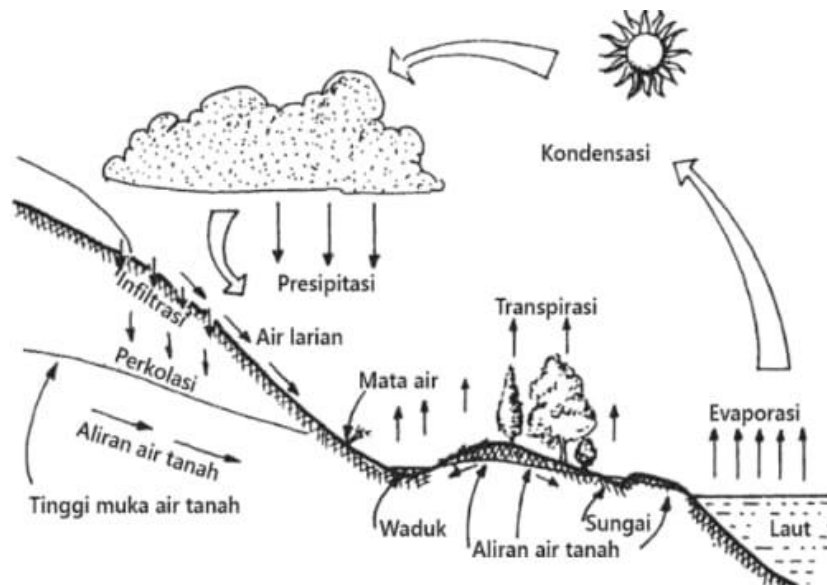
Analisis neraca air sungai dilakukan untuk menganalisis simpanan air di suatu wilayah. Hal ini penting dilakukan mengingat faktor-faktor seperti pertumbuhan populasi, perubahan iklim, dan aktivitas manusia yang semakin meningkat dapat memengaruhi ketersediaan air di suatu wilayah. Metode analisis neraca air merupakan metode yang menyediakan informasi tentang tingkat daya dukung suatu daerah, terutama dalam hal kapasitas penyimpanan air terhadap surplus dan defisit, serta untuk pengisian air tanah berdasarkan perubahan proporsi penggunaan lahan, khususnya di Kabupaten Maros

1.1 Siklus Hidrologi

Daur hidrologi adalah proses yang menggambarkan bagaimana air beredar di alam melalui berbagai tahap perubahan

bentuk, pergerakan aliran air (baik di permukaan tanah, dalam tanah, maupun di udara), dan jenis air, yang mengikuti siklus

keseimbangan yang dikenal sebagai siklus hidrologi [5].



Gambar 2 Siklus Hidrologi
(Sumber: Asdak, 2022)

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa penguapan akibat energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar. Apabila keadaan atmosfer memungkinkan, terjadinya perbedaan tekanan maka terjadi pengaruh awan pada proses kondensasi. Sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Dalam daur hidrologi, curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara, yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi

menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi. Gabungan evaporasi uap air hasil proses transpirasi dinamakan evapotranspirasi. Sementara itu, air larian dan air infiltrasi akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran (*discharge*) [6]

1.2 Neraca Air

Neraca air merupakan suatu perbandingan antara ketersediaan ataupun masukan air dengan kebutuhan ataupun pemakaian air di suatu tempat dalam periode tertentu. Analisis neraca air dapat memberikan informasi apakah jumlah air mengalami kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*defisit*). Dengan memahami neraca air pada kondisi surplus dan defisit,

dapat mengantisipasi potensi bencana dan mengelola sumber daya air secara efektif. [7].

Dalam siklus hidrologi, neraca air (*water balance*) merujuk pada hubungan antara aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) selama periode tertentu. Perhitungan neraca air bertujuan untuk mengevaluasi apakah debit yang ada cukup untuk memenuhi kebutuhan air di suatu wilayah [8].

1.3 Metode *Thornthwaite-Mather*

Metode *Thornthwaite-Mather* dapat digunakan untuk menganalisis kuantitas air bulanan sepanjang tahun. Metode ini memperhitungkan suhu udara, indeks panas bulanan, kapasitas penahanan air (WHC), dan faktor koreksi durasi penyinaran matahari berdasarkan lintang [9].

Untuk menganalisis neraca air dengan metode *Thornthwaite-Mather*, diperlukan data input berupa curah hujan, suhu udara, tutupan lahan, dan kondisi tanah dari hasil pengamatan lapangan. Perhitungan neraca air melibatkan komponen curah hujan (P), evapotranspirasi (Ep), aliran permukaan (*runoff*), dan kapasitas penyimpanan air (*storage moisture*/ST). Curah hujan, yang mencakup jumlah dan intensitas hujan di suatu wilayah, pada dasarnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi. Selain itu, sebagian curah hujan disimpan sebagai cadangan air, yang

akan menjadi surplus jika cadangan mencapai batas maksimum [10].

1) Perhitungan Surplus

Nilai surplus (S) atau kelebihan lembab tanah yang terjadi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S = (P - ETp) \quad (1)$$

Keterangan:

S = surplus/kelebihan (mm/bulan)

P = curah hujan (mm/bulan)

ETp = evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

Δ ST = perubahan kelengasan tanah (mm)

Untuk mendapatkan nilai ETp dan Δ ST, ada beberapa tahap yang perlu dilakukan sebagai berikut.

$$ETp = f \cdot ETx \quad (2)$$

Keterangan:

F = faktor koreksi berdasarkan letak lintang

ETp = Evapotranspirasi potensial untuk garis lintang 0° dan belum dikoreksi

Persamaan (2) merupakan nilai evapotranspirasi yang telah dikoreksi, Sedangkan evapotranspirasi potensial yang belum dikoreksi dihitung dengan persamaan berikut:

$$ETx = 16 \left(\frac{10 \cdot T}{I} \right)^a \quad (3)$$

Keterangan:

T = Temperatur (°C)

a = Nilai tetapan berdasarkan nilai I yaitu:

$$a = (675 \cdot 10^{-9})I^3 - (771 \cdot 10^{-7})I^2 + (179 \cdot 10^{-4})I + 0,492 \quad (4)$$

I = Besarnya indeks panas tahunan yang dihitung dengan:

$$I = \sum i \rightarrow i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (5)$$

Keterangan:

i = Indeks panas bulanan

2) Menghitung kapasitas tanah dalam menyimpan air (WHC)

Untuk menghitung total nilai WHC setiap satu jenis penggunaan lahan berdasarkan luasnya, maka digunakan persamaan berikut:

$$\text{Total WHC} = \text{air tersedia} \times \text{kedalaman perakaran} \times \% \text{ luas area vegetasi} \quad (6)$$

Tabel 1 Pendugaan *Water Holding Capacity* (WHC) Berdasarkan Kombinasi Tekstur Tanah dan Vegetasi Penutup

Tekstur	Air Tersedia (mm/m)	Kedalaman Perakaran (m)	Kemampuan Tanah Menahan Air (mm)
Tanaman Perakaran Dangkal (bayam, kacang, wortel)			
Pasir halus	100	0.50	50
Geluh Pasiran	150	0.50	75
Geluh Debuan	200	0.62	152
Geluh Lempungan	250	0.40	100
Lempung	300	0.25	75
Tanaman Perakaran Sedang (jagung, tembakau, dll)			
Pasir halus	100	0.75	75
Geluh Pasiran	150	1.00	150
Geluh Debuan	200	1.00	200
Geluh Lempungan	250	0.80	200
Lempung	300	0.50	150
Tanaman Perakaran (legume, padang rumput, semak belukar)			
Pasir halus	100	1.00	100
Geluh Pasiran	150	1.00	150
Geluh Debuan	200	1.25	250
Geluh Lempungan	250	1.00	250
Lempung	300	0.67	200
Tanaman Perkebunan			
Pasir halus	100	1.00	150
Geluh Pasiran	150	1.00	250
Geluh Debuan	200	1.25	300
Geluh Lempungan	250	1.00	250
Lempung	300	0.67	200
Hutan			
Pasir halus	100	2.50	250
Geluh Pasiran	150	2.00	300
Geluh Debuan	200	2.00	400
Geluh Lempungan	250	1.60	400
Lempung	300	1.17	350

Tabel 1 di atas merupakan pendugaan WHC berdasarkan tekstur tanah dan vegetasi penutup yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai WHC pada Kawasan Karst Maros.

3) Menghitung Kelengasan Tanah

Pada bulan-bulan kering, nilai ST untuk tiap bulannya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$ST = St_0 \cdot e^{APWL/St_0} \quad (7)$$

Keterangan:

St_0 = tebal air maksimum yang dapat tersimpan pada setiap kedalaman lapisan tanah (mm)

e = bilangan navier ($e = 2,718$)

APWL = akumulasi potensial kehilangan air tanah (mm/bulan)

4) Akumulasi Potensi Kehilangan Air

Nilai APWL merupakan nilai akumulasi bulanan dari selisih presipitasi dan evapotranspirasi potensial ($P-ET_p$).

Menghitung APWL dengan cara berikut:

a. Jika bulan kering ($P < ET_p$), Menjumlahkan nilai selisih ($P-ET_p$) pada bulan tersebut dengan nilai ($P-ET_p$) bulan sebelumnya.

b. Jika bulan basah ($P > ET_p$), Nilai APWL sama dengan nol.

5) Perubahan Kelengasan Tanah

Untuk mengetahui nilai perubahan kelembaban tanah (ΔST), adalah dengan mengurangi nilai ST pada bulan yang

bersangkutan dari nilai ST pada bulan sebelumnya..

6) Perhitungan Defisit

Defisit diperoleh dengan menghitung selisih antara ET_p dengan ET_a yaitu:

$$D = ET_p - ET_a \quad (8)$$

Keterangan:

D = defisit/kekurangan lembab tanah (mm/bulan)

ET_a = evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

7) Evapotranspirasi Aktual

Untuk memperoleh nilai evapotranspirasi aktual, pertama-tama perlu mengidentifikasi bulan basah dan bulan kering. Besarnya evapotranspirasi aktual (ET_a) akan mempengaruhi tingkat defisit yang mungkin terjadi di Daerah Aliran Sungai Kawasan Karst Maros.:

a. Untuk bulan-bulan basah ($P > ET_p$), maka:

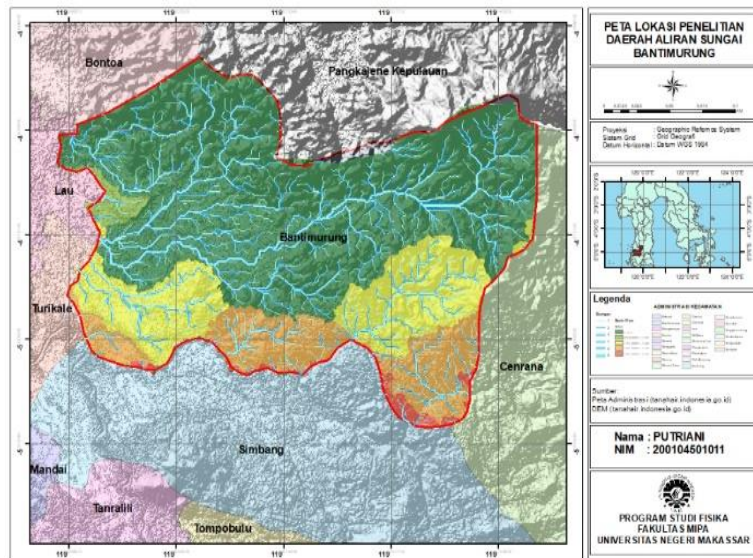
$$ET_a = ET_p \quad (9)$$

b. Untuk nilai bulan-bulan kering ($P < ET_p$), maka:

$$ET_a = P - \Delta ST \quad (10)$$

2. Metode Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama 5 (bulan) terhitung dari bulan Desember 2023 - Mei 2024. Bertempat di Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia.



Gambar 3 Peta Lokasi Penelitian

Analisis data yang digunakan untuk menganalisis neraca air sungai menggunakan metode *Thornthwaite Mather*, metode ini membantu dalam memahami ketersediaan, perubahan, dan keberlanjutan sumber daya air sungai serta dapat membantu pengelolaan yang lebih baik dalam konteks perlindungan dan pemanfaatan sumber daya air. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan dan suhu udara yang diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah IV, data tutupan lahan dan jenis tanah diperoleh dari BBSDLP, Kementan RI 2016.

Dalam penelitian ini, data curah hujan dan suhu udara diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah IV. Untuk menganalisis data curah hujan yang meliputi Kawasan Karst Maros TN Babul untuk dapat

mendeskripsikan pola curah hujan yang terjadi di Kawasan Karst Maros TN Babul, dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai curah hujan dari tiga stasiun. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$P = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{n} \quad (11)$$

Keterangan :

P = curah hujan rata-rata daerah

$P1$ = curah hujan Stasiun 1

$P2$ = curah hujan Stasiun 2

Pn = curah hujan Stasiun ke-n

n = jumlah stasiun curah hujan

untuk menganalisis data suhu udara dilakukan dengan merata-ratakan data suhu udara skala bulanan selama 33 tahun (1991-2023) dengan menggunakan persamaan:

$$T_i = \frac{\sum S_i}{n} \quad (12)$$

Keterangan :

T_i = Rata-rata suhu udara skala bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

S_i = Rata-rata suhu udara skala bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

n = Jumlah tahun

Perhitungan besar surplus dan defisit menggunakan analisis neraca air dengan metode *Thorntwhaite* dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Thorntwhaite* maka dapat diketahui berapa besar potensi air yang dapat tersedia pada aliran Sungai Bantimurung Kawasan Karst Maros TN Babul [11]. Besarnya surplus menunjukkan air yang dapat tersedia dan defisit menunjukkan besarnya kekurangan air pada DAS. Jika defisit berada pada angka 0 (nol) atau tidak mengalami kekurangan, maka ketersediaan air DAS tidak dalam kondisi surplus maupun defisit

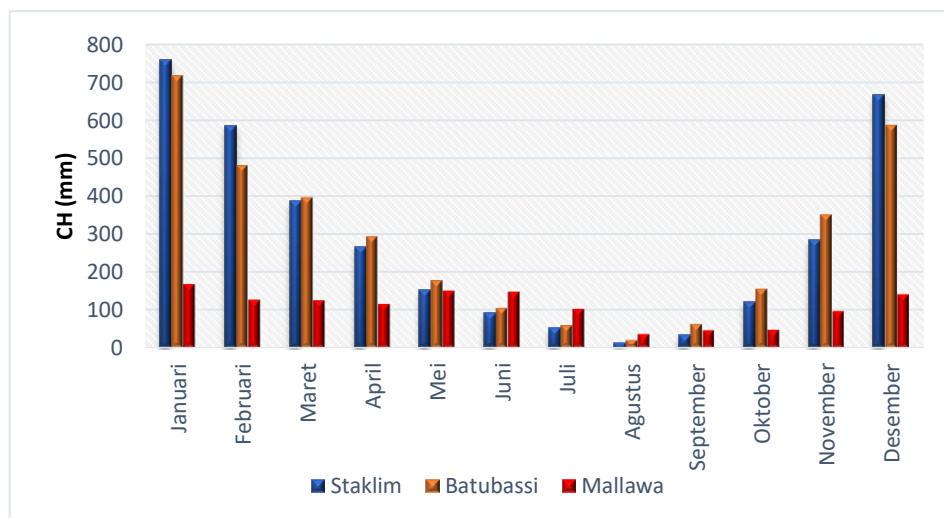
3. Hasil dan Pembahasan

DAS Bantimurung merupakan sumber air bersih bagi penduduk sekitar yang

meliputi wilayah kecamatan Bantimurung, Turikale, Lau, dan Bontoa. Sungai Bantimurung berhulu di Kawasan Karst Taman Nasional Bantimurung dan bermuara di sungai Maros.

3.1. Profil Pola Curah Hujan Skala Bulanan di Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Periode 1991-2023

Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan skala bulanan selama tiga puluh tiga tahun (1991-2023) dari tiga stasiun curah hujan (Stasiun CH Staklim, Stasiun CH Batubassi dan Stasiun CH Mallawa) yang mewakili Kawasan Karst Maros TN Babul seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Curah Hujan Rata-rata Bulanan dari tiga stasiun curah hujan (Stasiun CH Staklim, Stasiun CH Batubassi dan Stasiun CH Mallawa) Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung tahun 1991-2023
(Sumber: Data Primer Terolah, 2024)

Stasiun CH Staklim berada berada pada titik koordinat $04^{\circ} 55' 51.0''$ LS dan $119^{\circ} 34' 19.0''$ BT dan Stasiun CH Batubassi berada pada titik koordinat $05^{\circ} 01' 11.0''$ LS dan $119^{\circ} 39' 45.7''$ BT dengan ketinggian 13 m dari permukaan laut, berada pada pegunungan lereng barat sehingga curah hujannya relatif tinggi ini disebabkan karena pada lereng barat pegunungan Maros dipengaruhi oleh monsun barat yang curah hujannya tinggi. Sedangkan pada Stasiun CH BPP Mallawa berada pada titik koordinat $04^{\circ} 51' 39.4''$ LS dan $119^{\circ} 54' 31.9''$ BT dengan ketinggian 400 m dari permukaan laut berada pada pegunungan lereng timur yang menyebabkan curah hujan pada stasiun tersebut relatif rendah dibandingkan dengan Stasiun CH Staklim dan Stasiun CH Batubassi karena pada lereng timur pegunungan Maros dipengaruhi oleh monsun timur yang menyebabkan curah hujannya rendah hingga sangat rendah.

Berdasarkan pengolahan data curah hujan di Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, pola curah hujan mengikuti pola monsun. Pola ini ditandai dengan curah hujan *unimodial* (satu

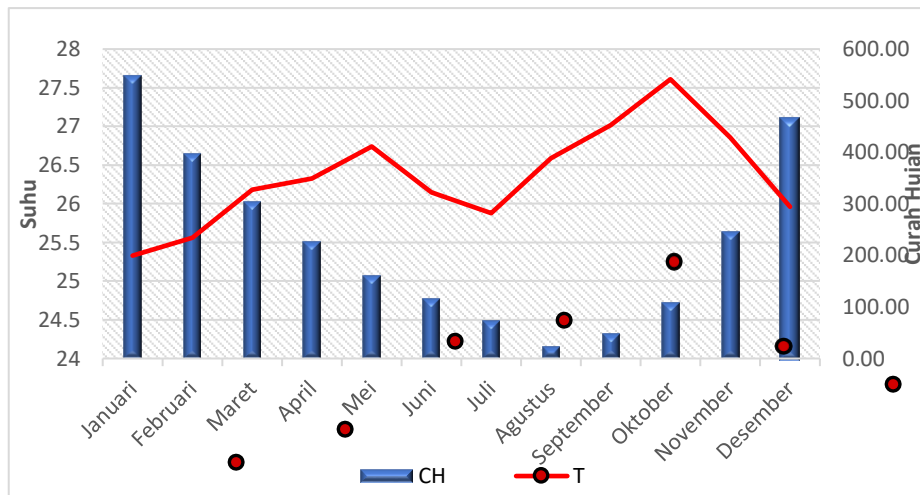
puncak musim hujan), di mana bulan Juni, Juli, dan Agustus mengalami musim kering, sementara bulan Desember, Januari, dan Februari adalah bulan basah. Enam bulan lainnya adalah periode peralihan, yaitu Maret, April, dan Mei untuk peralihan dari musim hujan ke musim kemarau, serta September, Oktober, dan November untuk peralihan dari musim kemarau ke musim hujan [12].

3.2. Analisis Neraca Air Sungai Bantimurung Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung

Perhitungan neraca air memerlukan data dasar curah hujan (*precipitation*), karena penurunan curah hujan tahunan dan peningkatan suhu udara rata-rata tahunan yang signifikan dapat menyebabkan perubahan dalam neraca air.

a. Curah hujan dan Suhu Udara

Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan dan suhu udara rata-rata bulanan selama tiga puluh tiga tahun terakhir yaitu tahun 1991-2023, yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Curah Hujan dan Suhu Udara Tahunan Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung tahun 1991-2023
(Sumber: Data Primer Terolah, 2024)

b. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial adalah jumlah air yang dilepaskan atau dipindahkan dalam suatu periode waktu tertentu. Dari

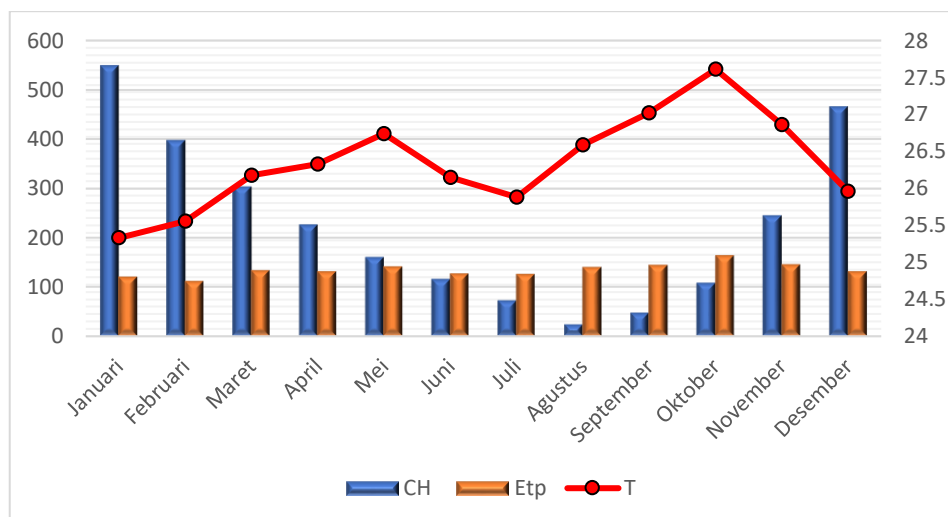
hasil analisis data suhu udara dan indeks panas tahunan dapat diperoleh nilai evapotranspirasi potensial yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Potensial

Bulan	Temperatur (°C)	Indeks Panas Bulanan (i)	Evapotranspirasi setelah terkoreksi (ETx)	Faktor Koreksi (f)	Evapotranspirasi Potensial (ETp)
Januari	25,33	11,66	11,31	1,06	119,92
Februari	25,56	11,83	11,69	0,95	111,10
Maret	26,18	12,26	12,77	1,04	132,80
April	26,33	12,37	13,04	1	130,40
Mei	26,74	12,66	13,80	1,02	140,76
Juni	26,15	12,24	12,72	0,99	125,88
Juli	25,88	12,05	12,24	1,02	124,85
Agustus	26,59	12,55	13,52	1,03	139,24
September	27,02	12,86	14,34	1	143,38
Oktober	27,61	13,29	15,52	1,05	162,97
November	26,86	12,75	14,03	1,03	144,50
Desember	25,96	12,11	12,38	1,06	131,23
Indeks Panas Tahunan (I)			148,63		
a			3,67		

Berdasarkan hasil analisis data curah hujan, suhu udara dan evapotranspirasi yang telah diperoleh dapat dilihat hubungan antara

curah hujan, suhu udara dan evapotranspirasi pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Curah Hujan, Suhu Udara dan Evapotranspirasi Tahunan Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimuring tahun 1991-2023
(Sumber: Data Primer Terolah, 2024)

Berdasarkan hasil perhitungan evapotranspirasi potensial hubungan antara curah hujan dan evapotranspirasi berbanding terbalik, jika curah hujan tinggi maka kelembaban tanah dan kebutuhan tanaman untuk menyerap air dari tanah cenderung berkurang sehingga evapotranspirasi cenderung menurun. Sedangkan, hubungan antara suhu udara dan evapotranspirasi berbanding lurus semakin tinggi suhu udara, semakin tinggi pula tingkat evapotranspirasi.

c. Perhitungan Kapasitas Tanah Dalam Menyimpan Air (WHC)

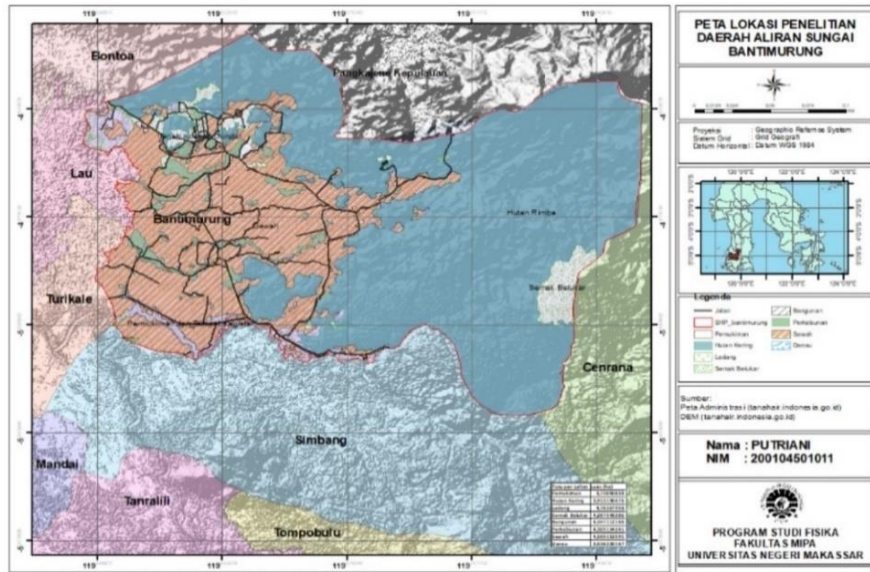
Hasil perhitungan nilai cadangan lengas tanah didapatkan dari hasil perkalian antara persentase luas penggunaan lahan, air tersedia dan kedalaman zona perakaran yang di peroleh dari peta penggunaan lahan dan jenis tanah di Kawasan Karst Maros TN Babul yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Nilai *Water Holding Cappacity* (WHC) dan Penggunaan Lahan

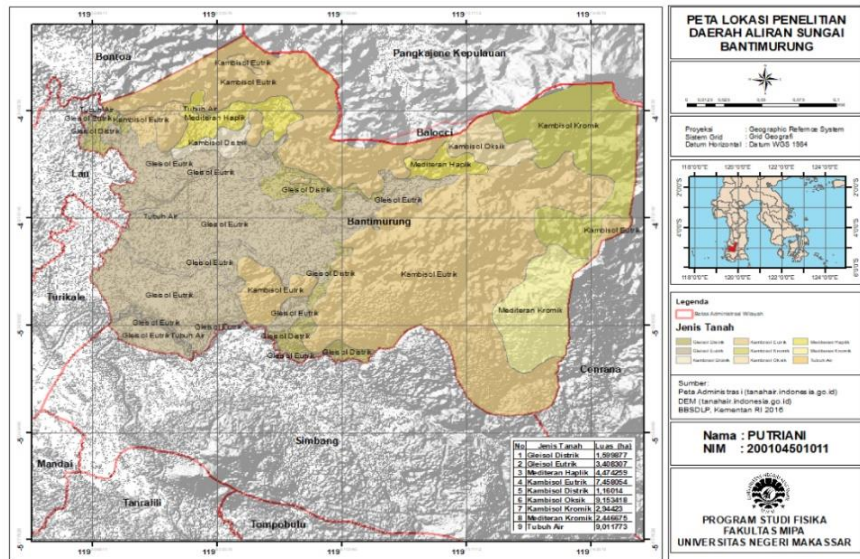
Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Jenis Tanah	Luas Area (%)	Air Tersedia (mm/m)	Zona Perakaran (m)	WHC
Permukiman	3,73	Gleisol Eutrik	14,86	0	0	0
Hutan Lahan Kering	3,91	Eutrik Mediteran	15,59	150	2	46,77
Ladang	4,76	Haplik mediteran	18,98	150	1	28,47
Semak Belukar	4,28	kromik	17,08	100	1	17,08
Perkebunan	4,30	Gleisol Eutrik	17,15	200	1,25	42,88
Sawah	4,10	Gleisol Eutrik	16,35	200	0,62	20,27
Total	25,10		100,00			155,47

Pada Tabel 3 di atas luas penggunaan lahan didapatkan dari peta tutupan lahan seperti pada Gambar 7. Sedangkan Untuk menentukan tekstur tanah pada daerah

penelitian dapat dilihat pada peta jenis tanah kawasan DAS Bantimurung dari BBSDLP, Kementan RI 2016 seperti pada Gambar 8.



Gambar 7 Peta Tutupan Lahan DAS Bantimurung



Gambar 8 Peta Jenis Tanah DAS Bantimurung

Jenis tanah yang tersebar di Das Bantimurung meliputi tanah *gleisol eutrik* merupakan jenis tanah yang kaya akan mineral dan nutrien, serta memiliki tingkat kesuburan yang tinggi, *gleisol eutrik* cenderung memiliki tekstur yang lebih halus dengan kandungan liat yang lebih tinggi,

jenis tanah *kambisol* memiliki tekstur lebih berpasir dengan butiran kasar tanah ini seringkali subur dan cocok untuk pertanian, tetapi rentan terhadap erosi, tanah Mediteran termasuk dalam ordo alfisol, yang memiliki tekstur lempung dan mampu menyediakan serta menyimpan air dalam jumlah besar.

d. Akumulasi Potensi Kehilangan Air (APWL)

Nilai APWL adalah akumulasi bulanan dari selisih antara presipitasi dan

evapotranspirasi potensial (P-Etp). Hasil Analisis data yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Nilai *Accumulation Potential Water Loss* (APWL)

Bulan	Curah Hujan (P)	Evapotranspirasi Potensial (Etp)	P-Etp	Akumulasi Potensi Kehilangan Air (APWL)
Januari	548,13	119,92	428,21	0,00
Februari	397,39	111,10	286,30	0,00
Maret	302,95	132,80	170,15	0,00
April	225,53	130,40	95,13	0,00
Mei	160,28	140,76	19,52	0,00
Juni	115,06	125,88	-10,82	-10,82
Juli	72,07	124,85	-52,78	-63,61
Agustus	23,12	139,24	-116,12	-179,73
September	47,45	143,38	-95,93	-275,66
Oktober	108,47	162,97	-54,50	-330,15
November	244,62	144,50	100,12	0,00
Desember	465,10	131,23	333,87	0,00

Akumulasi potensi kehilangan air (APWL) merupakan estimasi jumlah air yang hilang dari suatu sistem air atau lingkungan dalam jangka waktu tertentu. Hal ini dapat disebabkan oleh penguapan dan infiltrasi. Berdasarkan hasil perhitungan APWL menunjukkan bahwa nilai APWL pada bulan basah yaitu Bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, November dan Desember nilai APWL nya sama dengan nol karena dalam bulan basah curah hujan biasanya relatif tinggi, sehingga tanah dan tanaman memiliki cukup air yang tersedia. Akibatnya, kehilangan air aktual dan potensial menjadi seimbang, sehingga nilai APWL nya menjadi 0. Sedangkan pada bulan kering yaitu bulan Juni-Oktober semakin meningkat

dikarenakan pada bulan kering, nilai APWL cenderung meningkat karena potensi kehilangan air dari tanah dan tanaman menjadi lebih tinggi.

e. Perhitungan Kelengasan Tanah dan Perubahan Kelengasan Tanah

Kelengasan tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan air setelah terjadi infiltrasi atau hujan. Ini dipengaruhi oleh struktur, tekstur, kandungan bahan organik, dan komposisi mineral tanah.

Hasil pengolahan data dari perhitungan kelengasan tanah dan perubahan kelengasan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

e = bilangan navier (2,718)

Sto = tebal air maksimum (155,47)

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kelengasan Tanah dan Perubahan Kelengasan Tanah

Bulan	Akumulasi Potensi Kehilangan Air (APWL)	Kelengasan Tanah (St)
Januari	0,00	155,47
Februari	0,00	155,47
Maret	0,00	155,47
April	0,00	155,47
Mei	0,00	155,47
Juni	-10,82	145,01
Juli	-63,61	103,27
Agustus	-179,73	48,94
September	-275,66	26,41
Oktober	-330,15	18,60
November	0,00	155,47
Desember	0,00	155,47

Pada Tabel 5 Nilai Sto cenderung sama setiap bulannya karena dipengaruhi oleh faktor-faktor geologi dan topografi yang relatif konstan dalam jangka waktu yang pendek. Meskipun kondisi cuaca dan curah hujan dapat berubah-ubah, faktor-faktor ini biasanya tidak berubah secara signifikan dalam rentang waktu bulanan.

Berdasarkan Tabel 5 hasil analisis data yang telah diperoleh terlihat bahwa nilai kelengasan tanah untuk bulan basah sama dengan nilai kedalaman maksimum air yang dapat disimpan pada setiap lapisan tanah. yaitu sebesar 155,47 mm. Sedangkan pada bulan kering nilai kelengasan tanah semakin rendah mulai dari bulan Juni-Oktober dibandingkan pada bulan basah ini dikarenakan pada bulan kering tanah cenderung menjadi lebih kaku dan mengalami penurunan kandungan air.

Sebagai hasilnya, nilai kelengasan tanah dapat menurun karena tanah menjadi kurang mampu dalam menyimpan air.

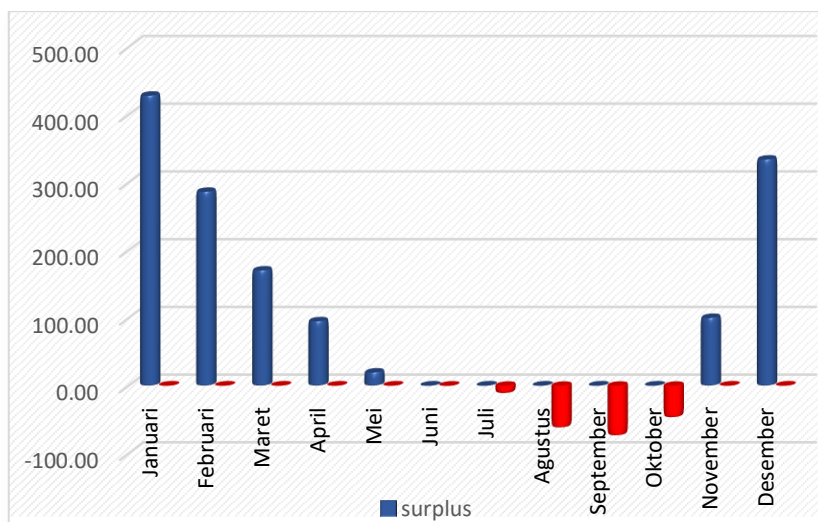
f. Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Hasil pengolahan data yang telah diperoleh untuk besar evapotranspirasi aktual dapat menentukan besarnya defisit air pada Kawasan Karst Maros TN Babul, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Bulan	Curah Hujan (P)	Perubahan Kelembapan Tanah (ΔSt)	Evapo Transpirasi Aktual (E_{ta})
Januari	548,13		119,92
Februari	397,39		111,10
Maret	302,95		132,80
April	225,53		130,40
Mei	160,28		140,76
Juni	115,06	-10,46	125,52
Juli	72,07	-41,74	113,81
Agustus	23,12	-54,33	77,45
September	47,45	-22,53	69,99
Oktober	108,47	-7,81	116,28
November	244,62		144,50
Desember	465,10		131,23

Berdasarkan hasil perhitungan nilai evapotranspirasi aktual pada saat memasuki bulan kering Juni, Juli, Agustus, september, dan Oktober berturut mengalami penurunan dikarenakan pada saat bulan kering intensitas curah hujan menjadi rendah yang mengakibatkan proses evapotranspirasi atau proses penguapan jumlah air yang hilang dari permukaan menjadi lebih kecil. Evapotranspirasi aktual sendiri merupakan proses penguapan yang terjadi pada saat kondisi air yang tersedia terbatas.



Gambar 9 Grafik Surplus dan Defisit Sungai Bantimurung Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung tahun 1991-2023
(Sumber: Data Primer Terolah, 2024)

Berdasarkan perhitungan dengan metode Thornthwaite, surplus air terjadi secara berturut-turut dari bulan Desember hingga Mei, dipengaruhi oleh angin monsun barat yang menyebabkan curah hujan tinggi. Surplus tertinggi tercatat pada bulan Januari sebesar 428,21 mm, sementara surplus terendah terjadi pada bulan Mei sebesar 19,52 mm. Setelah itu, defisit air terjadi dimulai pada bulan Juni sebesar 0,37 mm dan mencapai defisit tertinggi pada bulan September sebesar 73,39 mm defisit pada bulan tersebut dipengaruhi oleh angin monsun timur sehingga pada bulan tersebut memiliki curah hujan yang rendah.

Hasil penelitian menunjukkan Kawasan Karst Maros TN Babul memiliki potensi ketersediaan air yang besar ini dikarenakan curah hujan yang tinggi secara berkelanjutan menyebabkan meningkatnya aliran air sungai. Kawasan karst terkenal dengan

sistem gua, celah, dan retakan yang dapat menampung air dengan cepat sehingga air hujan yang jatuh di kawasan karst dapat dengan mudah meresap ke dalam tanah melalui lubang-lubang tersebut, menyebabkan aliran air permukaan yang lebih sedikit dan meningkatkan kapasitas air tanah.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, Profil pola curah hujan skala bulanan selama tiga puluh tiga tahun (1991-2023) Kawasan Karst Maros TN Babul berada pada wilayah yang merupakan wilayah dengan tipe hujan berpola monsun yang ditandai dengan meningkatnya curah hujan pada akhir dan awal tahun yaitu pada bulan Desember, Januari dan Februari. Besar surplus pada DAS Bantimurung terjadi secara berturut-turut selama bulan Januari

sampai bulan Mei dan November sampai Desember besarnya surplus yang terjadi pada bulan tersebut dikarenakan pada bulan tersebut merupakan bulan dengan curah hujan yang tinggi karena dilalui oleh angin monsun barat sehingga menyebabkan aliran sungai yang besar dan akumulasi air yang tinggi dan defisit terjadi pada bulan Juni sampai Oktober ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan bulan dengan curah hujan yang rendah karena dilalui oleh angin monsun timur. Hasil perhitungan menggunakan metode *Thornthwaite*, surplus tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 428,21 mm/bulan dan surplus terendah terjadi pada bulan Mei sebesar 19,52 mm/bulan. Kemudian pada bulan selanjutnya terjadi defisit air pada bulan Juni sebesar 0,37 mm/bulan dan tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 73,39 mm/bulan.

5. Referensi

1. Subagyo, K., & Surmaini, E. 2007. Pengelolaan Sumberdaya Air Iklim dan Air Untuk Antisipasi Perubahan Iklim. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 37.
2. Herdian, Andre. 2012. Analisis Spasial Indeks Kekeringan Thornthwaite Mather di Wilayah Garut Jawa Barat. Tugas Akhir SI Institut Teknik Bandung.
3. Arham, M., Arsyad, M., & Palloan, P. 2015. Analisis Karakteristik Curah Hujan dan Tinggi Muka Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Pute Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 87.
4. Arsyad, M., Pawitan, H., Sidauruk, P., & Putri, E. I. 2014. Analisis Ketersediaan Air Sungai Bawah Tanah dan Pemanfaatan Berkelanjutan di Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan. *Manusia dan Lingkungan*, 10.
5. Pabalik, I., Ihsan, N., & Arsyad, M. 2015. Analisis Fenomena Perubahan Iklim dan Karakteristik Curah Hujan Ekstrim di Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 69.
6. Dengo, D. F., Sumarauw, J. S., & Tangkudung, H. 2016. Analisis Neraca Air Sungai Ranowangko. *Jurnal Tekno*, 1.
7. Fibriana, Rahmi., Ginting, Yohanes., Ferdiansyah, Erva., & Mubarak, Syahrin. 2018. Analisis Besar atau Laju Evapotranspirasi pada Daerah Terbuka. *Agrotekma*, 2.
8. Ariyani, D. 2017. Variabilitas Curah Hujan dan Suhu Udara serta Pengaruhnya Terhadap Neraca Air Irigasi di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. *Jurnal Irigasi*, 99.

9. Haryono, E., & Adji, T. N. 2004. *Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
10. Hermawan, E. 2010. Pengelompokan Pola Awal Curah Hujan Yang Terjadi di Beberapa Kawasan P. Sumatera Berbasis Hasil Analisis Teknik Spektral. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 78.
11. Hartanto, Priyo. 2017. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau Menggunakan Metode Thornthwaite. *Ris.Geo. Tam*, 213-225.
12. Kodoatie, R.J. dan Sjarief, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.