**PREDIKSI INFLOW SUNGAI – SUNGAI DI DAERAH TANGKAPAN AIR TELAGA MENJER DENGAN PEMODELAN HEC-HMS DAN PERSAMAAN NERACA AIR**

***RIVER INFLOWS PREDICTION USING HYDROLOGICAL MODEL HEC-HMS AND WATER BALANCE APPROACH AT THE CATCHMENT AREA OF TELAGA MENJER***

Hiro Agung Pratama1), Jazaul Ikhsan2), Apip3)

1)Alumni Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia 55183

2)Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia 55183

3)Lembaga Penelitian dan Pengetahuan Indonesia

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Bogor, Indonesia 16911

**A****BSTRACT**

*Telaga Menjer is the main source for Hydroelectric Power Plant of the PLTA Garung. For the effective operation rules and sustainibility of the PLTA Garung as well the existance of the natural lake of Telaga Menjer, quantitative information such as its component water balance and the carrying capacity are necessary, some information on the water balance and the carrying capacity of water resources from the Menjer catchment is needed. The purpose of this study was to estimate the inflow of three main rivers in the Telaga Menjer’s catchment area using HEC-HMS hydrological and water balance approach. Simulated results of the HEC-HMS model shows that the monthly average of total the inflows of three main rivers to Telaga Menjer during rainy season is 0.954 m3/s in 2017, 0.944 m3/s in 2018, and 1,017 m3/s in 2019 and during dry season is 0.820 m3/s in 2017, 0.783 m3/s tahun 2018, and 0.80 m3/s in 2019. While the prediction results of the discharge with the equation The water balance shows that the monthly average of total river inflows to Telaga Menjer during rainy season is 2017 is 1,628 m3/s, in 2018 it is 1,579 m3/s, and in 2019 it is 3,296 m3/s and during dry season is 1,893 m3/s in 2017, 1,176 m3/s tahun 2018, and 1,893 m3/s in 2019.*

***Keywords****: HEC-HMS, Water Balance, Inflow Prediction*

***ABSTRAK***

*Danau Menjer merupakan pemasok utama serta tambungan air bagi PLTA Garung. Untuk efisiensi pola operasi dan sustainable PLTA Garung serta tata kelola Danau Menjer maka diperlukan beberapa informasi neraca air dan daya dukung sumber daya air dari DTA Menjer. Tujuan penelitian ini adalah mengestimasi aliran yang masuk dari tiga sungai utama di DTA Menjer menggunakan pemodelan HEC-HMS dan estimasi debit inflow sungai-sungai di DTA Menjer dengan persamaan neraca air. Berdasarkan hasil pemodelan HEC-HMS pada sungai-sungai di DTA Menjer diperoleh pada musim penghujan dengan nilai rata-rata sebesar 0.954 m3/s tahun 2017, 0.944 m3/s tahun 2018, dan 1.017 m3/s tahun 2019 dan musim kemarau dengan nilai rata-rata sebesar 0.820 m3/s tahun 2017, 0.783 m3/s tahun 2018, dan 0.80 m3/s tahun 2019. Sedangkan hasil prediksi debit dengan persamaan neraca air diperoleh debit inflow rata-rata bulanan pada musim penghujan tahun 2017 sebesar 1.628 m3/s, tahun 2018 sebesar 1.579 m3/s, dan tahun 2019 sebesar 3.296 m3/s dan pada musim kemarau tahun 2017 sebesar 1.893 m3/s, tahun 2018 sebesar 1.176 m3/s , dan tahun 2019 sebesar 1.893 m3/s.*

***Kata kunci****: HEC-HMS, Neraca Air, Prediksi inflow.*

# Pendahuluan

Menurut Naharuddin (2018), Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang berfungsi sebagai penyimpanan air, penyaluran air, pengumpul air dan unsur hara melalui sistem sungai lalu disalurkan menuju outlet tunggal yakni danau atau laut.

Danau merupakan cekungan di permukaan bumi yang berisi ekosistem perairan tawar yang tergenang dengan ukuran lebih besar dibandingkan dengan kolam (Soeprobowati, 2012). Menurut Fakhrudin dkk (2002) danau memiliki fungsi ekologi dan sosial. Fungsi ekologi yang merupakan habitat bagi organisme dan mengontol keseimbangan air tanah serta fungsi sosial berupa yang merupakan tempat kegiatan masyarakat karena banyaknya ketersediaan air bersih dan fungsi ekonomi yang merupakan sumber air untuk irigasi dan sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Danau Menjer yang terletak di antara Desa Maron dan Desa Tlogo Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Luas Daerah Tangkapan Air Danau Menjer sekitar 2,27 km2 dengan luas permukaan air danau sekitar 0,63 km2. Air pada Danau Menjer bersumber dari hujan, Suplesi Serayu dan Sungai-Sungai yang berada di sekitar DTA Menjer. Suplesi Serayu berada di sebelah timur laut Danau Menjer. Beberapa sungai utama yang berada di DTA Menjer adalah Sungai Siwedi, Sungai Silumbu, dan Sungai Menjer dengan luas subdas masing-masing yaitu 0,45 km2, 0,14 km2, dan 0,73 km2. Danau Menjer memiliki fungsi utama yaitu sebagai pemasok air Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Garung. Fungsi lainnya yaitu sebagai tempat pariwisata dan perikanan darat.

Untuk keperluan efisiensi pola operasi dan *sustainable* PLTA Garung serta tata kelola Telaga Menjer maka diperlukan beberapa informasi neraca air dan daya dukung sumber daya air Telaga Menjer. Salah satu komponennya yaitu data dan informasi debit aliran masuk dari sungai-sungai yang ada di DTA Menjer. Kendala yang ada adalah validasi data yang ada dikarenkan aliran masuk dari sungai-sungai di DTA Menjer tidak dilakukan monitoring (*ungauged catchment area)*.

Listyarini dkk. (2018), telah melakukan penelitian mengenai mitigasi banjir pada hulu Das Citarum menggunakan model HEC-HMS. Parameter utama yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini adalah waktu tenggang (*time lag*) dihitung menggunakan metode SCS Unit Hydrograph, metode baseflow menggunakan metode recession, dan metode routing menggunakan metode lag yang dihitung menggunakan persamaan Kirpich (1940).

Ferdiansyah dkk. (2019), telah melakukan penelitian mengenai potensi debit aliran lokal pada Waduk Saguling dengan model hujan limpasan menggunakan aplikasi HEC-HMS. Parameter penelitian ini menggunakan parameter Lag Time yang tergantung pada panjang, kemiringan dan penampang melintang sungai, dan parameter aliran dasar menggunakan linier reservoir

Zulaeha dkk (2020) telah melakukan penelitian mengenai prediksi debit aliran sub-DAS Bantimurung, menggunakan model HEC-HMS. Penelitian ini bertujuan untuk memperhitungkan debit aliran pada sub-DAS Bantimurung, menggunakan aplikasi HEC-HMS untuk mengetahui tingkat kevalidan pada daerah karst dalam memprediksi besarnya debit aliran.

Wulandari dkk (2016) melakukan penelitian mengenai keakuratan prediksi inflow waduk dengan neraca air waduk. Penelitian ini menganalisis inflow waduk dengan beberapa komponen data yaitu data besarnya outflow waduk, penguapan, kapasitas tamping waduk, curah hujan di waduk, serta pengamatan tinggi muka air waduk yang didapat dari laporan operasi waduk.

Pada penelitian ini menggunakan dua metode pendekatan untuk memprediksi debit aliran masuk dari sungai-sungai yang ada di DTA Menjer, yaitu pemodelan dengan HEC-HMS dan pendekatan dengan persamaan neraca air.

**HEC-HMS**

HEC-HMS adalah salah satu model hidrologi yang dikembangkan oleh *USACE-HEC* dengan tujuan untuk memprediksi atau mensimulasikan proses hujan aliran (debit *inflow*) dari suatu sistem DAS. Menurut Syahputra (2015) program ini terdiri dari tiga komponen yaitu model *basin*, model hidrologi dan kontrol spesifik. Model ini mempunyai keluaran berupa hidrograf limpasan dalam suatu Sub-DAS pada sistem hidrologi DAS tersebut.

**Neraca Air**

Menurut Effendi dkk (2017), neraca air dapat digunakan untuk mengetahui ketersediaan air pada suatu daerah. Dalam konsep hidrologi jumlah air pada suatu luasan permukaan bumi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang masuk *(input)* dan keluar *(output)* pada jangka waktu tertentu.

Neraca air merupakan salah satu aspek terpenting dalam sistem hidrologi. Neraca air adalah perbandingan antara potensi ketersediaan air dengan kebutuhan air pada suatu tempat dalam periode tertentu (Mokobombang, 2016).

Menurut Ri (2019) pada pemodelan hidrologi, persamaan neraca air dapat menganalisis debit limpasan pada suatu DAS/DTA.

Persamaan neraca air untuk menghitung debit aliran masuk dapat dilakukan dengan Persamaan1.

QIn = $\frac{∆S}{∆t}$ - (P$ × $A)-(Qsup$ × $t)+(Etp$ × $A)+Qout *(1)*
Keterangan :

Qin = Inflow dari sungai-sungai DTA Menjer (m3/s)

$\frac{∆S}{∆t}$ = perubahan volume tamping (m3)

P = Presipitasi (mm/hari);

A = Luas permukaan danau (m2/s);

Qsuplesi = Inflow suplesi dari serau-klakah (m3/s)

T = waktu atau hari ke-t;

Etp = Evapotranspirasi (mm/hari)

**Curah Hujan Wilayah**

Di Indonesia istilah presipitasi identik dengan hujan, karena presipitasi diartikan sebagai air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi dengan intensitas dan jumlah tertentu serta dalam wujud air yang tertentu juga. Karena wilayah Indonesia berada pada garing lintang 0o dan beriklim tropis maka presipitasi yang paling sering terjadi adalah hujan (Yansyah dkk, 2016).

Menurut Tuo dkk (2016), curah hujan merupakan data input yang penting dalam pemodelan hidrologi khususnya saat mensimulasikan aliran *inflow* atau *outflow.* Data curah hujan yang dianalisis berasal dari data CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*) dan data observasi Stasiun hujan Menjer. Stasiun hujan yang telah diperoleh dari data CHIRPS dan data observasi Stasiun hujan Menjer memiliki titik atau lokasi yang berbeda-beda, maka hujan yang tercatat dari masing-masing lokasi juga tidak sama nilainya. Dalam analisis hidrologi, diperlukan untuk menentukan bobot dari curah hujan rata-rata pada daerah tersebut. Metode yang digunakan untuk menentukan hujan rata-rata wilayah adalah metode polygon Thiessen dengan Persamaan 2.

$\overbar{p}$ = $\frac{A\_{1}p\_{1}+ A\_{2}p\_{2}+ A\_{3}p\_{3+ … + }A\_{n}p\_{n}}{A\_{1}+ A\_{2}+ A\_{3}+ ……+ A\_{n}}$ *(2)*

Keterangan :

$\overbar{p}$ = curah hujan rata-rata DAS (mm)

p1, p2, … pn = curah hujan pada stasiun 1,2,… n (mm)

A1, A2, … An = luas area yang mewakili stasiun 1, 2, …. n (km2)

**Evapotrasnpirasi**

Supangat (2016) berpendapat bahwa evapotranspirasi merupakan hilangnya air dari suatu wilayah melalui gabungan antara proses evaporasi dan transpirasi.

Menurut Ma dkk. (2018), evapotranspirasi merupakan komponen penting dalam keseimbangan siklus hidrologi di suatu wilayah. Besar atau kecilnya nilai evapotranspirasi dari suatu bentang lahan penting diketahui, terutama kaitanya dalam sumber daya lahan, perencanaan pengelolaan sumber daya air, dan pertanian secara umum.

Dalam penelitian ini menggunakan rumus empiris Thornthwaite untuk menghitung evapotranspirasi potensial. Untuk menganalisis evapotranpirasi dapat dilihat pada Persamaan 3.

ETbulan= 1,62 $\left(\frac{10.Tm}{5}\right)^{a}$ *(3)*

dengan:

a = 675 x 10-9 I3 – 771 x 10-7I2 + 179 x 10-4I + 492x10-3  *(4)*

*I* =$\sum\_{m=1}^{12}\left(\frac{Tm}{5}\right)$1,514  *(5)*

Keterangan:

ETbulan : Evapotranspirasi potensial bulanan (cm)

Tm : Temperature bulanan rerata (°C)

*I* : Indeks panas tahunan

**Volume Aliran (Volume Runoff)**

Komponen volume run-off pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan metode SCS Curve Number yang berfungsi untuk memperkirakan hujan lebihan atau hujan efektif sebagai bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Beberapa parameter SCS Curve Number adalah *initial abstraction* (Ia), bilangan kurva aliran (*curve number*) dan lapisan kedap air (*impervious*). Perhitungan volume limpasan dengan menggunakann Persamaan 3. (USACE,2000):

*Pe =* $\frac{(P-Ia)2}{P-Ia+S}$ *(6)*

Keterangan:

Pe : hujan kumulatif pada waktu t

P : kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

Ia : kehilangan mula-mula (*Initial Abstraction*)

S : kemampuan penyimpanan maksimum

*Initial abstraction* merupakan proses kehilangan air sebelum terjadinya hujan. Proses ini dipengaruhi oleh air yang ditahan oleh tekanan permukaan, air yang di intersep oleh tumbuh-tumbuhan, penguapan, dan inflitrasi. Besarnya kehilangan awal (Ia) dapat dihitung dengan Persamaan 4.

*Ia = 0.2 S (7)*

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (Curve Number) adalah sebagai berikut:

S= $\frac{25400-254 CN}{CN}$ *(8)*

Keterangan

S : Parameter retensi

CN : Curve number

**Metode aliran langsung (*direct runoff*)**

Aliran langsung merupakan hujan yang langsung tersalur suatu aliran menuju sungai diatas permukaan tanah. Pada penelitian ini model yang akan digunakan adalah model unit hydrograph SCS. Parameter utama yang dibutuhkan adalah time lag/waktu tenggang antara titik berat hujan efektif denga titik berat hidrograf. Lag time dapat ditentukan dengan Persamaan 6.

Tlag= 0.6 x tc *(9)*

dengan

Tc= 0.57 A0.41 *(10)*

Keterangan

Tc = Waktu konsentrasi

A = Luas wilayah

**Aliran dasar (*Baseflow*)**

Menurut Indarto (2010), *baseflow* merupakan debit air yang terdapat di sungai pada saat musim kemarau, atau pada saat tidak terjadi hujan sama sekali. Aliran baseflow berasal dari air hujan yang terinfiltrasi menjadi cadangan air tanah, lalu pada lokasi tertentu mengalir dan menyatu dengan debit sungai yang lain.

Metode konstan bulanan (*monthly constant*) digunakan untuk perhitungan aliran dasar. Besarnya debit aliran dasar (Qb) diperoleh dengan melakukan pengukuran di lapang pada kondisi musim kemarau.

# Metode Penelitian

**Alat dan Bahan**

 Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop, perangkat lunak *ArcGIS* 10.2, *Microsoft Excel*, dan HEC-HMS. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data DEM, peta topografi, data jaringan sungai data curah hujan, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, data inflow serayu-klakah, data pemakaian air, data tinggi muka air.

**Pengumpulan Data dan Analisis**

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

1. Peta Topografi skala 1:25000 bersumber dari Badan Informasi Geospasial.
2. Peta penggunaan Lahan SubDAS Menjer.
3. Data curah hujan tahun 2017-2019 yang diperoleh dari stasiun Menjer dan data global CHIRPS.
4. Data Meteorologi tahun 2017-2019 yang diperoleh dari BMKG.
5. Data Pemakaian Air PLTA Garung tahun 2017-2019 dari PLTA Sub Unit Garung.
6. Data debit air harian terukur tahun 2017-2019 yang diperoleh dari PLTA Sub Unit Garung.
7. Data tinggi muka air Danau Menjer dari PLTA Sub Unit Garung dari tahun 2017-2019.

Adapun data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan harian tahun 2017-2019.

**Delineasi DAS dengan Hec-GeoHMS**

Delineasi batas DAS dilakukan dengan menggunakan data DEM dan jaringan sungai. Proses ini dilakukan dengan software ArcGIS dengan extention HEC-GeoHMS. Proses delineasi diawali dengan melakukan beberapa analisis terrain processing antara lain: DEM *reconditioning, fill sink, flow direction, flow accumulation, stream definition, stream segmentation, catchment grid delineation, drainage line processing, adjoint catchment dan processing*. Selanjutnya input posisi outlet untuk menghasilkan satu wilayah DAS beserta komponen hidrologinya (sub-DAS, *reach, junction* dan *sink)*.

**Input model HEC-HMS**

**Menyusun model basin**

Penelitian ini menggunakan beberapa elemen input data yaitu *curve number*, *initial abstraction*, dan *Percent impervious*. Input data pada masing-masing parameter adalah:

1. *Curve Number*

Proses menghitung nilai CN gabungan berdasarkan klasifikasi jenis lahan di tiap Sub DAS untuk menghasilkan nilai CN tiap Sub DAS.

1. *Initial Abstraction*

*Initial abstraction* merupakan nilai kehilangan mula-mula dimana pada proses ini sangat berkaitan dengan nilai S (kemampuan penyimpanan maksimum).

1. *Percent impervious*

Parameter yang berpengaruh terhadap volume limpasan suatu DAS adalah luas daerah impervious (kekedapan terhadap air). Faktor Impervious Area berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan untuk model hidrologi HEC-HMS terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Persen Impervious

|  |  |
| --- | --- |
| Penggunaan Lahan | Persen Impervious |
| Pohon | 0 |
| Rumput | 5 |
| Pemukiman sedikit penduduk | 20 |
| Pemukiman banyak penduduk | 30 |
| Komersial | 85 |
| Air | 100 |

Sumber : USACE 2013

**Penyusunan model meteorologi**

 Input data meteorologi yang digunakan yaitu data curah hujan harian dari tahun 2017-2019.

**Kontrol spesifikasi**

 Pada *control specification* digunakan untuk pengisian tanggal dimulai dan diakhiri serta jangka waktu yang dibutuhkan. Waktu simulasi yang digunakan pada penelitian ini dari 1 Januari 2017 – 30 September 2019.

***Time series data***

Proses ini merupakan tampilan dalam bentuk tabel dan hidrograf yang dihasilkan dari curah hujan sebagai input.

**Simulasi model HEC-HMS**

Setelah menginput data masukan pada model maka model akan di *running* sehingga menghasilkan keluaran berupa hidrograf dan data debit harian.

**Prediksi Inflow dengan Neraca Air**

**Volume air dan Luas Permukaan Danau**

Dalam analisis volume air dan luas permukaan menggunakan data batchimetri/kedalaman danau yang diperoleh dari data observasi di lapangan. Data batchimetri yang diperolah lalu di input ke ArcGIS dengan format *point* kemudian formatnya di ubah menjadi TIN dengan tujuan untuk menggambarkan tampungan menjadi 3D. Kemudian menggunakan perintah *tool surface volume* untuk mengetahui volume air dan luas permukaan danau.

**Curah hujan wilayah**

Data curah hujan yang di analisis bersumber dari data CHIRPS dan data observasi stasiun hujan Menjer tahun 2017-2019.

**Evapotranspirasi**

Data evapotranspirasi pada penelitan ini berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Thornthwaite Mather dengan data meteorologi bersumber dari BMKG Jawa Tengah tahun 2017-2019.

Proses analisis evapotransporasi menggunakan metode Thornthwaite Mather diawali dengan menghitung indeks panas seluruh bulan dengan Persamaan 5, kemudian hitung nilai a berdasarkan nilai indeks panas yang diperoleh dengan Persamaan 4 dari hasil perhitungan tersebut maka kemudian dapat dihitung evapotranspirasi dengan Persamaan 3.

**Debit Inflow Suplesi**

Data debit suplesi bersumber dari data debit serayu-klakah yang dicatat bendungan yang terletak di sebelah timur laut Danau Menjer yang kemudian di alirkan melewati terowongan/tunnel menuju Danau Menjer.

**Pemakaian Air**

Data ini akan digunakan sebagai debit keluar/outflow dari Danau Menjer yang akan digunakan sebagai pemasok listrik pada PLTA Garung.

**Perhitungan prediksi inflow dengan neraca air**

Setelah diperoleh komponen yang dibutuhkan maka inflow dari sungai-sungai di DTA Menjer maka untuk analisis debit aliran dengan pendekatan neraca air dapat dilakukan dengan Persamaan 1.

1. **Hasil dan Pembahasan**

**Karakteristik fisik DAS Menjer**

Daerah Tangkapan Air Menjer memiliki 3 Daerah Aliran sungai yang menjadi inflow menuju Danau Menjer. Data karakteristik DAS tersebut didapatkan dengan menggunakan s*oftware ArcMap 10.2* dapat ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Data karakteristik DAS Menjer

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Karakteristik | Satuan | Sungai Menjer | Sungai Silumbu | Sungai Siwedi |
| Luas sub DAS | km2 | 0,61 | 0,145 | 0,41 |
| Panjang sungai utama | km | 2,06 | 1,02 | 1,33 |
| Elevasi hulu | m | 2175,7 | 1742,91 | 1944,1 |
| Elevasi hilir | m | 1296,3 | 1278,54 | 1232,9 |
| Kemiringan / *slope* DAS | - | 0,43 | 0,35 | 0,54 |

**Pengaruh Curah Hujan**

Curah hujan merupakan masukan penting dalam penelitian ini. Data curah hujan pada penelitian ini dari Indonesia Power Sub Unit PLTA Garung.

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor P.4/V-Set/2013 tentang petunjuk teknis penyusunan data spasial lahan kritis, maka curah hujan di DTA Menjer dikategorikan sangat tinggi dengan nilai ≥ 3000 mm/tahun. DTA Menjer dengan rentang waktu 1 Januari 2017 – 30 September 2019.

**Kemiringan Lereng**

Kelas kemiringan lereng DTA Menjer dibagi ke dalam 5 kategori yaitu 0-8%, 9-15%, 16-25%, 26-40% dan >40%. Klasifikasi tersebut dilakukan berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor P.4/V-Set/2013. Kelas kemiringan lereng yang didominasi oleh kelas sangat curam (>40%) dengan luas 53,98 hektar.

**Peta Jenis Tanah**

Terdapat 3 jenis tanah yang tersebar di DTA Menjer. Jenis tanah DTA Menjer yang mendominasi adalah Tanah Asosiasi Landform Tektonik, Andosol Umbrik, dengan tekstur sedang, drainase yang baik, bentuk wilayah bergunung sangat curam dengan bahan induk abu dan pasir volkan andesitis sebesar 103.4 ha, disusul oleh Tanah Asosiasi Landform Tektonik, Litosol, dengan tekstur agak kasar, drainase sedang, bentuk wilayah bergunung curam dengan bahan induk abu dan pasir volkan andesitas sebesar 11.43 ha.

**Tata Guna Lahan**

Penggunaan lahan pada penelitian ini dapat diklasifikasikan menjadai beberapa jenis lahan antara lain sawah tadah hujan, tegalan atau ladang, perkebunan/kebun, dan semak belukar. Untuk informasi peta sebaran Tata Guna LahanDTA Menjer disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Luas dan Jenis Lahan di DTA Menjer

|  |  |
| --- | --- |
| Jenis Lahan | Luas (km2) |
| Sungai Menjer | Sungai Silumbu | Sungai Siwedi |
| Tegalan/Ladang | 0,038 | 0,012 | 0,083 |
| Semak Belukar | 0,083 | - | 0,001 |
| Sawah Tadah Hujan | 0,386 | 0,119 | 0,271 |
| Perkebunan/Kebun | 0,095 | 0,013 | 0,058 |

**Pemodelan debit simulasi HEC-HMS**

Elemen-elemen yang digunakan untuk simulasi limpasan pada penelitian ini adalah *subbasin* dan *junction*. Subbasin pada DTA menjer terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 , dan Gambar 3.



**Gambar 1** Skema pemodelan Sungai Menjer



**Gambar 2** Skema pemodelan Sungai Silumbu



**Gambar 3** Skema pemodelan Sungai Siwedi

**Parameter permodelan**

Dalam memodelkan debit inflow DTA Menjer di HEC-HMS digunakan model perhitungan SCS CN (*Soil Conservation Service Curve number*).

Ada 3 parameter penting yang menjadi dasar permodelan metode SCS yaitu *loss rate method*, SCS *Transform* dan *baseflow*.

***Loss method***

Nilai Curve number dan impervious disetiap subbasin mengasumsikan tingkat permeabilitas atau persentase resapan air tanah berdasarkan nilai tata guna lahan. Adapun nilai *curve number, initial abstraction,* dan i*mpervious* tanah dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

**Tabel 4** Nilai SCS CN Sungai Menjer

|  |
| --- |
| Sungai Menjer |
| Subbasin | Ia (mm) | CN | IMP (%) |
| W140 | 15,149 | 77.030 | 5 |
| W130 | 15.310 | 76.842 | 5 |
| W120 | 16.753 | 75.200 | 5 |
| W110 | 15.573 | 76.537 | 5 |
| W100 | 16.270 | 75.742 | 5 |
| W90 | 22.878 | 68.949 | 5 |
| W80 | 20.343 | 71.406 | 5 |

**Tabel 5** Nilai SCS CN Sungai Silumbu

|  |
| --- |
| Sungai Silumbu |
| Subbasin | Ia (mm) | CN | IMP (%) |
| W20 | 16,978 | 74,95 | 5 |

**Tabel 6** Nilai SCS CN Sungai Siwedi

|  |
| --- |
| Sungai Siwedi |
| Subbasin | Ia (mm) | CN | IMP (%) |
| W300 | 9.8750 | 83.725 | 5 |
| W270 | 12.546 | 80.194 | 5 |
| W260 | 12.687 | 80.016 | 5 |
| W230 | 12.680 | 80.025 | 5 |
| W220 | 10.778 | 82.497 | 5 |
| W210 | 10.505 | 82.865 | 5 |
| W290 | 14.270 | 78.070 | 5 |

***Transform Method***

Dalam penelitian ini, nilai SCS Transform dapat diasumsikan sama rata dengan *graph time standard* pada setiap subbasin. Nilai parameter *lag time* dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

**Tabel 7** *Lag Time* Sungai Menjer

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Subbasin | Graph Time | Lag Time (Min) |
| W140 | Standart | 9,91 |
| W130 | Standart | 5,70 |
| W120 | Standart | 8,81 |
| W110 | Standart | 12,78 |
| W100 | Standart | 22,34 |
| W90 | Standart | 24,99 |
| W80 | Standart | 22,3 |

**Tabel 9** *Lag Time* Sungai Silumbu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Subbasin | Graph Time | Lag Time (Min) |
| W20 | Standart | 16.98 |

**Tabel 10**. *Lag Time* Sungai Siwedi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Subbasin | Graph Time | Lag Time (Min) |
| W300 | Standart | 13.01 |
| W270 | Standart | 25.47 |
| W260 | Standart | 13.02 |
| W230 | Standart | 16.73 |
| W220 | Standart | 6.98 |
| W210 | Standart | 7.47 |
| W290 | Standart | 14.84 |

***Baseflow Method***

*Baseflow* merupakan aliran dasar sungai. Nilai *baseflow* terjadi akibat limpasan yang berasal dari kejadian presipitasi terdahulu yang tersimpan secara temporer pada DTA Menjer. Biasanya nilai *baseflow* di dapat dari pengamatan di lapangan/observasi tetapi dikarenakan keterbatasan data yang dimiliki maka dilakukan pendekatan secara empiris.

**Luaran Pemodelan HEC-HMS**

Nilai estimasi debit harian berdasarkan data curah hujan CHIRPS dan Stasiun Menjer DTA Menjer didapatkan setelah proses running dan data masukan selesai. Hasil running dapat di lihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

**Gambar 4** Perbandingan Inflow Menjer tahun 2017

**Gambar 5** Perbandingan Inflow Menjer tahun 2018

**Gambar 6** Perbandingan Inflow Menjer tahun 2019

**Prediksi Inflow dengan Neraca Air**

**Hubungan TMA - Volume Air - Luas Permukaan Danau**

Data batchimetri yang diperolah di input ke Arcgis dengan format *point* kemudian format tersebut di ubah menjadi TIN dengan tujuan untuk menggambarkan tampungan menjadi 3D. Setelah diolah, maka diperoleh kedalaman Danau Menjer ± 37 m.

Gambar 7. menunjukkan bahwa grafik hubungan TMA - Luas permukaan Danau - Volume air Danau tergolong baik. Hal ini karena data yang digunakan data yang dapat mewakili titik terendah hingga tertinggi.

**Gambar 7** Gafik hubungan TMA-Luas permukan-Volume air Danau

**Gambar 8** Grafik hubungan Volume air Danau

**Gambar 9** Grafik hubungan Luas permukaan danau

Dari hasil analisis tersebut diperoleh pada awal musim kemarau mengalami kenaikan volume air, sebaliknya terjadi penurunan pada awal musim hujam. Hal ini dipengaruhi karena adanya pola operasi PLTA yang meningkatkan kapasitas produksi air.

**Evapotranspirasi**

Dari hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan metode Thornthwaite Mather maka di dapatkan evapotranspirasi harian Danau Menjer pada tahun 2017-2019. Grafik evapotranspirasi terlihat pada gambar 10.

**Gambar 10** Evapotranspirasi DTA Menjer

**Prediksi Debit Inflow dari Sungai-sungai di Danau Menjer**

Debit inflow dianalisis menggunakan persamaan neraca air dengan beberapa komponen yaitu tinggi muka air, curah hujan, luas permukaan danau, debit inflow serayu-klakah, evapotranspirasi, dan pemakaian air. Dari analisis tersebut diperoleh estimasi debit inflow dari sungai-sungai di DTA Menjer dengan persamaan 1. Estimasi debit inflow dengan persamaan dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13

**Gambar 11** Inflow debit inflow tahun 2017

**Gambar 12** Inflow debit inflow tahun 2018

**Gambar 13** Inflow debit inflow tahun 2019

Berdasarkan hasil perhitungan inflow harian danau dari sungai-sungai disekitar dengan menggunakan neraca air didapat ada inflow negative/*underestimate* maupun terlampau tinggi/*overestimate.* Hal ini dapat disebabkan karena beberapa hal yaitu curah hujan, inflow dari serayu-klakah, dan pemakaian air yang besar sementara tinggi muka air kecil, begitu juga sebaliknya.

# Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis yang telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa:

* + - * 1. Berdasarkan hasil analisis spasial di ArcGIS, terdapat beberapa parameter karakteristik fisik subDAS, yakni luas, kemiringan lereng, nilai CN dan persentase Impervious. Untuk luas wilayah subDAS Menjer 0.61 km2, Sungai Silumbu 0.145 km2, dan Sungai Siwedi 0.41 km2. Sungai terpanjang yaitu sungai Menjer dengan panjang 2.06 km dan kemiringan sungai yang paling terbesar berada di wilayah Sungai Menjer dengan nilai 27,58 % (sangat curam). Pada DTA Menjer terdapat beberapa jenis tanah yaitu Tanah Asosiasi Landform Tektonik, Andosol Umbrik, dengan tekstur sedang, drainase yang baik, bentuk wilayah bergunung sangat curam dengan bahan induk abu dan pasir volkan andesitis dan Tanah Asosiasi Landform Tektonik, Litosol, dengan tekstur agak kasar, drainase sedang, bentuk wilayah bergunung curam dengan bahan induk abu dan pasir volkan andesitas.
				2. Berdasarkan hasil dari pemodelan HEC-HMS pada ketiga sungai di DTA Menjer dengan debit tertinggi cenderung terjadi pada musim penghujan dengan nilai rata-rata sebesar 0.954 m3/s tahun 2017, 0.944 m3/s tahun 2018, dan 1.017 m3/s tahun 2019. Sedangkan debit terkecil terjadi pada pertengahan musim kemarau dengan nilai rata-rata sebesar 0.820 m3/s tahun 2017, 0.783 m3/s tahun 2018, dan 0.80 m3/s tahun 2019.
				3. Berdasarkan hasil prediksi debit dengan persamaan neraca air maka didapat debit inflow harian dari tahun 2017-2019 yang lebih variatif dengan luaran debit pada musim penghujan tahun 2017 sebesar 1.628 m3/s, tahun 2018 sebesar 1.579 m3/s, dan tahun 2019 sebesar 3.296 m3/s Sedangkan luaran debit pada musim kemarau tahun 2017 sebesar 1.893 m3/s, tahun 2018 sebesar 1.176 m3/s , dan tahun 2019 sebesar 1.893 m3/s. Estimasi Debit aliran ketiga sungai dengan pendekatan neraca air danau menghasilkan nilai yg lebih variatif akibat banyaknya variabel neraca air lainnya seperti ETP, outflow telaga, groundwater (tidak dihitung). Selain itu dengan adanya pengaruh operasional PLTA Menjer terhadap fluktuasi TMA Danau menyebabkan kemungkinan hasil perhitungan dari ketiga sungai tersebut menjadi *overestimate* pada kondisi TMA danau tinggi, dan sebaliknya kemungkinan terjadi *underestimate* (sampai negatif) dalam perhitungan selama TMA rendah.

# Daftar Pustaka

Effendi, R., Rizal, N. S., & Abadi, T. (2017). Kajian Neraca Air Kawasan Akibat Pengambilan Air Bawah Tanah Oleh Sektor Pertanian. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 2*(1).

Fadlillah, L. N., & Widyastuti, M. (2016). *Water balance and irrigation water pumping of Lake Merdada for potato farming in Dieng Highland*, Indonesia. *Environmental monitoring and assessment, 188*(8), 448.

Fakhrudin, M., Wibowo, H., Subehi, L., & Ridwansyah, I. (2002). *Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau Sumbar.* Paper presented at the Proc. Seminar Nasional Limnologi: Menuju Kesinambungan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan (Bogor, 22 April 2002).

Ferdiansyah, A., Ginanjar, M. R., & Akrom, I. F. (2020). Potensi Debit Aliran Lokal Waduk Saguling Menggunakan Model Hujan Limpasan. JURNAL SUMBER DAYA AIR, 16(1), 35-50

Indarto. 2010. Hidrologi: Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Bumi Aksara : Jakarta.

Listyarini, D., Hidayat, Y., & Tjahjono, B. (2018). Mitigasi Banjir Das Citarum Hulu Berbasis Model HEC-HMS. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 20(1), 40-48.

Ma, Z.-z., Ray, R. L., & He, Y.-p. (2018). *Assessing the spatiotemporal distributions of evapotranspiration in the Three Gorges Reservoir Region of China using remote sensing* *data*. *Journal of Mountain Science, 15*(12), 2676-2692.

Mokobombang, M. E., Sumarauw, J. S., & Tanudjaja, L. (2016). Analisis Neraca Air Sungai Kinali Di Titik Bendung Kinali Ongkag Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik, 4*(12).

Naharuddin. (2018). *Pengelolaan Daerah Airan Sungai Dan Aplikasinya Dalam Proses Belajar Mengajar*. Palu: Untad Press.

Ri, T., Jiang, J., Sivakumar, B., & Pang, T. (2019). *A Statistical–Distributed Model of Average Annual Runoff for Water Resources Assessment in DPR Korea.* Water, 11(5), 965.

Soeprobowati, T. R. (2012). Peta batimetri danau Rawapening. Bioma.

Supangat, A. B. (2016). Analisis Perubahan Nilai Pendugaan Evapotranspirasi Potensial Akibat Perubahan Iklim di Kawasan Hutan Tanaman Eucalyptus Pellita.

Syahputra, I. (2015). Kajian Hidrologi dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis HEC-HMS dan HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya, 1*(1), 15-28.

Tuo, Y., Duan, Z., Disse, M., & Chiogna, G. (2016). Evaluation of precipitation input for SWAT modeling in Alpine catchment: A case study in the Adige river basin (Italy). *Science of the total environment, 573*, 66-82.

USACE. (2000). *Hydrologic Modelling System HEC-HMS Technical Reference Manual*. US Army Corps of Engineers: http:/www.hec.usace.army.mil.

Wulandari, D. A., Budieny, H., & Kurniani, D. (2016). Keakuratan Prediksi Inflow Waduk Dengan Neraca Air Waduk. Teknik, 37(2), 94-97.

Yansyah, R. A., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisa hidrologi dan hidrolika saluran drainase box culvert di jalan Antasari Bandar Lampung menggunakan program HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 3*(1), 1-12.

Zulaeha, S., Faridah, S. N., Achmad, M., & Mubarak, H. (2020). Prediksi Debit Aliran Sub-DAS Bantimurung Menggunakan Model HEC-HMS. Jurnal Agritechno, 71-76.