

PERANCANGAN ULANG KURVA LENGKUNG KAPASITAS WADUK TAPIN DI KABUPATEN TAPIN PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Alvin Najmi ^{1*}, Noordiah Helda ²

- 1) Universitas Lambung Mangkurat Banjar Baru (email : 1610811210006@mhs.ulm.ac.id)
- 2) Universitas Lambung Mangkurat Banjar Baru (email : noordiah.helda@ulm.ac.id)

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 26-04-2021

Direvisi :15-06-2021

Diterbitkan:28-06-2021

Keywords :

Kapasitas Tampungan
Keseimbangan Air
Neraca Air

ABSTRAK

Waduk Tapin merupakan tampungan air yang ada karena proses pembendungan aliran Sungai Tapin. Waduk Tapin direncanakan memiliki kapasitas tampungan yang besar. Besarnya kapasitas tampungan waduk akan mempengaruhi seberapa besar air yang bisa dimanfaatkan nantinya untuk kebutuhan. Pentingnya mengetahui kapasitas tampungan waduk adalah untuk membuat waduk bekerja dengan optimal agar tidak terjadi masalah bila nantinya digunakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menganalisa ketersediaan air dengan metode F.J Mock, menganalisa kehilangan air akibat *outlet* dan evaporasi, analisis bathimetri untuk mendapatkan kurva lengkung kapasitas waduk, dan analisis neraca air untuk mengetahui kesetimbangan airnya. Hasil penelitian untuk lengkung kapasitas waduk, didapatkan kapasitas optimal waduk ditunjukkan oleh titik perpotongan antara volume genangan dan luas genangan waduk pada elevasi +146,2 m², berdasarkan perhitungan didapat volume waduk ±53.842.244,566 m³ dan luas genangan ±3.134.081,768 m² dan untuk neraca air terlihat ketersediaan air tertinggi terdapat pada bulan Mei yang bernilai 15,607 m³/detik dan yang terendah terdapat pada bulan November dengan nilai 5,637 m³/detik. Kehilangan air tertinggi terdapat pada bulan November dengan nilai 4,450 m³/detik, yang mana apabila dilihat ketersediaan air di waduk Tapin maka waduk Tapin mampu memenuhi kebutuhan air yang diperlukan.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Tapin merupakan salah satu kabupaten yang ada di Kalimantan Selatan yang sedang giat melakukan pembangunan daerah. Salah satu pembangunan yang sedang dilakukan adalah pembangunan bendungan Tapin yang terletak di Desa Pipitak Jaya, Kecamatan Piani, Kabupaten Tapin. Bendungan Tapin akan dibangun di daerah aliran sungai Tapin yang nantinya akan digunakan untuk mengatasi kerawanan air dan sebagai faktor pendukung pembangunan wilayah kabupaten Tapin.

Waduk Tapin merupakan tampungan air yang ada karena proses pembendungan aliran sungai Tapin sehingga alirannya dapat terbendung

untuk menampung volume air dalam jumlah besar agar bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Waduk ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan air berlebih saat terjadinya musim penghujan, sebagai kebutuhan air baku, pengairan irigasi untuk pertanian dan pembangkit listrik tenaga air. Untuk pemenuhan kebutuhan tersebut, Waduk Tapin direncanakan memiliki kapasitas tampungan yang besar. Besarnya kapasitas tampungan waduk akan mempengaruhi seberapa besar air yang bisa dimanfaatkan nantinya untuk kebutuhan. Pentingnya mengetahui kapasitas tampungan waduk adalah untuk membuat waduk bekerja dengan optimal agar tidak terjadi masalah bila nantinya digunakan. Tingkat keandalan tampungan debit air dapat menurun sampai dengan 25% (Limantara et al., 2016).

Untuk mengetahui besaran tampungan air di waduk Tapin, maka diperlukan adanya lengkung kapasitas tampungan yang dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan ulang dengan menggunakan data hidrologi dan klimatologi dari tahun 2011-2019 yang mana akan dianalisis menggunakan metode Penman-Monteith dan F. J. Mock untuk mendapatkan kapasitas optimal tampungan waduk Tapin beserta kesetimbangan airnya untuk penggunaan di berbagai rencana manfaat.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengolahan data bathimetri untuk mendapatkan lengkung kapasitas tampungan waduk Tapin?
2. Bagaimana kesetimbangan air di waduk Tapin apabila digunakan untuk berbagai rencana manfaat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

- 1 Menganalisis pengolahan data bathimetri untuk mendapatkan lengkung kapasitas tampungan waduk Tapin.
- 2 Menganalisis kesetimbangan air di waduk Tapin apabila digunakan untuk berbagai rencana manfaat.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Pipitak Jaya, Kecamatan Piani, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Bendungan Tapin terletak di Sungai Tapin yang memiliki luas DAS 382 km², sedangkan luas DAS dengan titik kontrol pada lokasi site Waduk Tapin adalah 140,915 km² dengan panjang sungai utama 37,48 km. Lokasi bendungan terletak di daerah perbukitan dengan elevasi +90 m sampai +540 m dari dasar sungai sampai rencana bendungan.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung ke lokasi penelitian yaitu Waduk Tapin, Kabupaten Tapin. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan

mengunjungi instansi-instansi terkait yang mempunyai data-data terkait obyek penelitian. Data sekunder yang diperoleh meliputi:

1. Data hidrologi yaitu data curah hujan selama 9 tahun terakhir dari tahun 2011-2019 dari pos hujan Bungur, Kabupaten Tapin.
2. Data klimatologi selama 9 tahun terakhir dari tahun 2011-2019 dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapin.

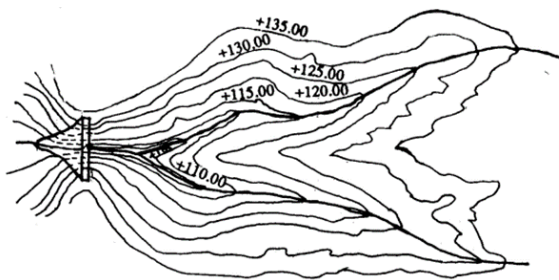
2.3 Analisis dan Pengolahan Data

Analisis dan pengolahan data dalam penelitian ini meliputi: evapotranspirasi, analisis debit andalan, analisis kehilangan air (akibat outlet, evaporasi, air irigasi, pembangkit listrik, air baku).

Kapasitas Tampungan Waduk

Kapasitas tampungan waduk dapat dihitung dengan rumus-rumus untuk menghitung volume benda padat. Kapasitas waduk pada kedudukan alamiah biasanya haruslah ditetapkan berdasarkan pengukuran topografi. Perhitungannya berdasarkan peta topografi dengan skala 1:10.000 dengan beda tinggi kontur 5m atau 10m untuk mengetahui luas permukaan genangan bendung yang dibatasi garis kontur, serta mengetahui volume yang dibatasi oleh dua garis kontur yang berurutan dengan menggunakan persamaan pendekatan volume (Soedibyo, 2003).

Lengkung kapasitas waduk merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Lengkung kapasitas dapat dibentuk dengan cara mengukur luas antara garis kontur di dalam kedudukan waduk. Kumulatif dari lengkung luas dan elevasi tersebut merupakan lengkung kapasitas waduk. Pertambahan tampungan antara dua elevasi dihitung dengan mengalikan luas rata-rata pada elevasi tersebut dengan perbedaan kedua elevasinya. Akumulasi seluruh pertambahan dibawah suatu elevasi tertentu merupakan volume tampungan waduk pada elevasi tersebut.



Gambar 1. Lay out dari waduk

Volume antara kontur dapat dicari dengan:

$$V_x = \frac{1}{3} x Z x (F_y + F_x + \sqrt{F_y + F_x}) \quad (1)$$

Dimana:

- V_x = Volume pada kontur (m^3)
- Z = Beda tinggi antar kontur (m)
- F_y = Luas pada kontur Y (m^2)
- F_x = Luas pada kontur X (m^2)

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi yang diartikan sebagai peristiwa kehilangan air dari jaringan tanaman dan permukaan tanah yang dipakai sebagai tempat tumbuhnya tanaman (Hadisusanto, 2011). Untuk menghitung nilai evapotranspirasi potensial (Eto) dengan metode Penmann-Monteith dapat dilihat dari persamaan 2 (SNI 7745:2012) sebagai berikut:

$$Eto = \frac{0,408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

Dimana:

- Eto = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)
- R_n = Radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, ($MJ/m^2/hari$)
- T = Suhu udara rata-rata ($^{\circ}C$)
- U_2 = Kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s)
- e_s = Tekanan uap air jenuh (kPa)
- e_a = Tekanan uap air aktual (kPa)
- Δ = Kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, ($kPa/^{\circ}C$)
- γ = Konstanta psikrometrik ($kPa/^{\circ}C$)

Analisa Ketersediaan Air

Metode Mock (Agus, 2015) digunakan untuk menghitung debit andalan (*inflow*) sungai dengan konsep keseimbangan air. Hasil perhitungan debit andalan dengan metode Mock dipengaruhi oleh jumlah hujan yang turun di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menjadi limpasan (*Run off*) dan luas DAS. Nilai limpasan merupakan jumlah dari limpasan langsung (*direct Run off*) ditambah dengan aliran dasar (*baseflow*). Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan metode Mock sebagai berikut:

$$Q_n = \frac{RO \times 10^{-3} \times A}{d} \quad (3)$$

Dimana:

- Q_n = Debit andalan ($m^3/detik$)
- RO = *Baseflow* + *Direct run off* (mm/bulan)
- A = Luas DAS (m^2)
- d = Jumlah hari dalam satu bulan

Analisa Kehilangan Air

Kehilangan air atau jumlah air yang keluar (*Outflow*) adalah kehilangan air akibat berbagai macam faktor seperti debit keluar melalui outlet, air yang menguap akibat evaporasi, kehilangan air akibat pengolahan air baku, ataupun pengolahan listrik dengan tenaga air. Sofandi (2019) menyatakan bahwa Kehilangan air dapat disebabkan oleh evaporasi saluran, rembesan pada saluran, serta eksploitasi saluran irigasi. Kehilangan akibat evaporasi pada seluruh saluran terjadi sebanyak 0,386 lt/dt. Kehilangan air akibat eksploitasi terjadi sebanyak 4,167 lt/dt. Beberapa faktor yang mempengaruhi kehilangan air sebagai berikut.

Kehilangan Air Akibat Outlet

Kehilangan air pada *outlet* ialah jumlah air yang keluar dari outlet menuju saluran primer yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di hilir waduk Tapin misalnya untuk irigasi. Kehilangan tinggi tekanan di bagian ini sama seperti kehilangan tekanan pada tabung pendek, debit aliran (Q) yang masuk ke dalam mulut pengambilan adalah:

$$Q = CA(2gh)^{1/2} \quad (4)$$

Dimana:

- C = Koefisien aliran,

- A = Luas bukaan, (m)
h = Tinggi tekanan (*head*),
g = Gravitasi,

Kehilangan Air Akibat Evaporasi

Kehilangan air akibat evaporasi yang terjadi di waduk Tapin dapat dihitung dengan berbagai rumus Herbeck, Balaguru (2019) menyebutkan metode yang sering digunakan untuk mengetahui kehilangan air akibat evaporasi pada waduk yang besar adalah rumus Herbeck. Untuk itu pada penelitian ini akan digunakan rumus Herbeck dalam perhitungannya. Berikut ini merupakan rumus Herbeck (1962):

$$E = NU_2(es - ea) \quad (5)$$

Dengan:

$$N = \frac{0,0291}{A_s^{0,05}} \quad (6)$$

Dimana:

- E = Evaporasi
U₂ = Kecepatan angin 2m diatas permukaan
es = Tekanan uap jenuh
ea = Tekanan uap aktual

Kehilangan Air Akibat Air Irigasi

Dalam mengalirkan air irigasi dari sumber (sungai, waduk) sampai ke lahan pertanian akan mengalami kehilangan-kehilangan air sehingga berkurangnya debit air yang dibutuhkan. (Iswinarti, 2016). Priyonugroho (2014) menyebutkan bahwa kebutuhan air irigasi menurut metode perhitungan manual maksimal adalah 2,54 m³/dt dan minimalnya adalah 0,17 m³/dt. Sedangkan metode CROPWAT maksimalnya adalah 1,67 m³/dt dan minimalnya adalah 0,06 m³/dt. Adapun perhitungan air irigasi berdasarkan luasan lahan digunakan rumusan sebagai berikut:

$$Q = H \times \left(\frac{A}{T}\right) \times 10.000 \quad (7)$$

Dimana:

- Q = Kebutuhan air irigasi (m³/dt/ha)
H = Tinggi genangan air (mm)
A = Luas daerah irigasi (ha)
T = Waktu pemberian air (hari/detik)

Kehilangan Air Akibat Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit energi yang terbarukan (*renewable*) yang memanfaatkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian

Suharthama (2015) menunjukkan bahwa beban minimum 10 % membutuhkan daya mekanik 405,9 kW dengan debit air 1,25 m³/s dan beban maksimum 100% membutuhkan daya mekanik 3.410,4 kW dengan debit air 10,55 m³/s. Berdasarkan aliran rencana debit air PLTM Tukad Balian mampu dibebani hingga 80% dengan daya mekanik 2699,7 kW dan debit air 8,35 m³/s.

Adapun rumus untuk perhitungan Daya Teoritis (Pt) menggunakan rumus berikut:

$$Pt = g \times Q \times H \quad (8)$$

Dimana:

- Pt = Daya teoritis (kWh)
g = Gaya gravitasi (m/s²)
Q = Debit andalan (m³/s)
H = Tinggi terjunan (m)

Kehilangan Air Akibat Air Baku

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan air baku akan semakin meningkat. Kebutuhan air baku dalam hal ini adalah air yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga (domestik). Untuk itu diperlukan adanya perhitungan untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan air baku. Adapun rumus untuk menghitung kebutuhan air baku sebagai berikut:

$$Qrh = P \times q \quad (9)$$

Dimana:

- Qrh = Kebutuhan air baku (m³/detik)
g = Jumlah penduduk
Q = Standar kebutuhan domestik

Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air di suatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut kelebihan (*surplus*) ataupun kekurangan (*defisit*). Hadryana et al., (2015) melakukan penelitian tentang ketersediaan debit air Sungai Sungi dan kebutuhan debit air Sungai Sungi untuk memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi.. Pada perencanaan hidrologi, perhitungan neraca air dapat membantu menerangkan aliran air yang masuk dan keluar pada suatu sistem. Pada perhitungan neraca air, terdapat parameter-parameter yang sulit diukur di lapangan terutama yang berhubungan dengan parameter

pada air tanah, tetapi dalam perumusannya sering dilakukan penyederhanaan sesuai dengan kondisi lapangan setempat. Perhitungan neraca air sering dilakukan untuk tujuan:

1. Menghitung persediaan air pada permukaan tanah dan sub-permukaan tanah.
2. Menaksir pola penggunaan air yang tersedia.
3. Membantu untuk menyeimbangkan jumlah air yang lebih dari kekurangan air.
4. Sebagai dasar pada perhitungan perencanaan optimasi pada manajemen sumber daya air.

Adapun rumus untuk menghitung neraca air adalah:

$$\Delta S = Inflow - Outflow \quad (10)$$

Dimana:

Inflow = Ketersediaan air

Outflow = Kehilangan air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.2 Evapotranspirasi

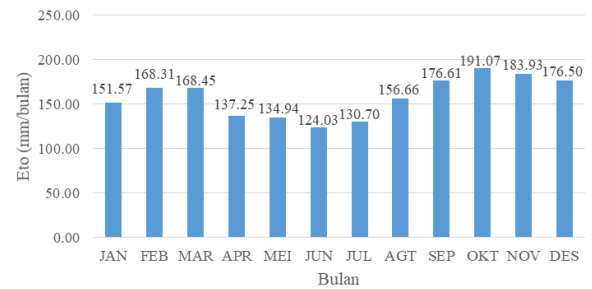
Sebelum melakukan perhitungan debit andalan menggunakan metode F. J. Mock, terlebih dahulu melakukan perhitungan evapotranspirasi, evapotranspirasi merupakan gabungan antara evaporasi dan transpirasi yang merupakan proses terjadinya kehilangan air dari tanaman dan permukaan tanah. Untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi ada berbagai metode, salah satunya metode Penman-Monteith. Adapun data klimatologi yang dibutuhkan untuk perhitungan ini yaitu:

1. Data temperatur (t),
2. Data kelembaban udara (Rh),
3. Data penyinaran matahari (n/N), dan
4. Data kecepatan angin (U).

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penman-Monteith adalah sebagai berikut:

$$Eto = \frac{0,408\Delta Rn + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Hasil perhitungan evapotranspirasi bulanan dengan menggunakan metode Penman-Monteith dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini:



Gambar 1. Grafik Evapotranspirasi (Eto) rata-rata

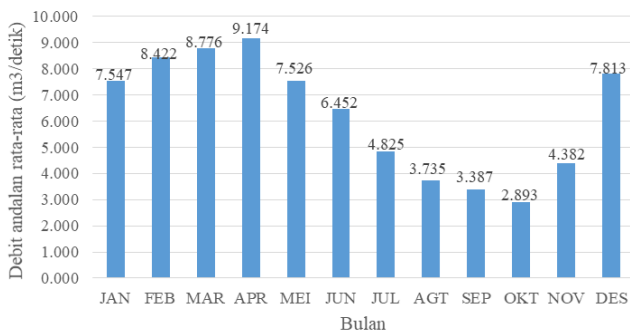
Berdasarkan **Gambar 1** dapat dilihat nilai evapotranspirasi rata-rata maksimum terdapat pada bulan oktober dengan nilai 191,07 mm/bulan, sedangkan nilai Eto rata-rata minimum terdapat pada bulan juni dengan nilai 124,03 mm/bulan. Selanjutnya nilai evapotranspirasi rata-rata ini akan digunakan untuk melakukan perhitungan ketersediaan air dengan menghitung debit andalan menggunakan metode *F.J. Mock*.

3.3 Analisis Debit Andalan

Metode F. J. Mock digunakan untuk menghitung debit andalan (*inflow*) dengan konsep keseimbangan air. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besaran nilai debit andalan mulai dari data jumlah curah hujan, jumlah hari hujan, nilai evapotranspirasi potensial, daerah tangkapan hujan dan hari dalam satu bulan. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan debit andalan dengan metode *F. J. Mock* adalah sebagai berikut:

$$Qn = \frac{Run\ Off \times Luas\ DAS}{n}$$

Pada perhitungan ini akan menggunakan jumlah curah hujan pada pos hujan Bungur pada tahun 2011 sampai dengan tahun 2019, Hasil perhitungan debit andalan rata-rata menggunakan metode *F. J. Mock* dapat dilihat pada **Gambar 2** sebagai berikut:

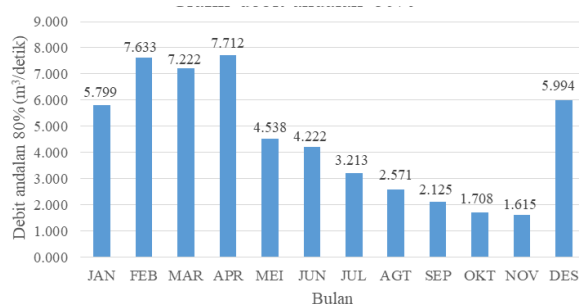


Gambar 2. Grafik Debit Andalan rata-rata

Gambar 2 menunjukkan debit andalan rata-rata maksimum pada bulan april dengan nilai debit andalan sebesar 9,174 m³/detik sedangkan untuk debit andalan rata-rata minimum pada bulan oktober sebesar 2.893 m³/detik. Untuk pengaliran irigasi diperlukan debit andalan mencapai 80%-90% melalui perhitungan debit andalan (Abdulsalam et al., 2014; Irpan et al., 2013; Mashuri et al., 2015; Sudinda, 2019). Salah satu cara dalam menghitung debit andalan adalah dengan cara *Plotting Position Weibul*. Adapun rumusnya:

$$R = \frac{r}{N+1}$$

Debit andalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 80%. Berdasarkan **Gambar 3** dapat dilihat debit andalan 80% terbesar terdapat pada bulan april dengan nilai sebesar 7,712 m³/detik sedangkan untuk debit andalan 80% terendah terdapat pada bulan november dengan nilai sebesar 1.615 m³/detik. Hasil perhitungan debit andalan 80% menggunakan metode *Plotting Position Weibul* dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut:



Gambar 3. Grafik Debit Andalan 80%

3.4 Analisis Kehilangan Air

Kehilangan air atau jumlah air yang keluar (*outflow*) dari waduk Tapin dapat disebabkan oleh hal berikut:

Kehilangan Air Akibat Outlet

Kehilangan air akibat *outlet* yaitu jumlah air yang keluar dari *outlet* menuju saluran primer yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di hilir waduk Tapin misalnya untuk irigasi. Kehilangan tinggi tekanan di bagian ini sama seperti kehilangan tekanan pada tabung pendek, debit aliran (Q) yang masuk ke dalam mulut pengambilan adalah :

$$Q = CA(2gh)^{\frac{1}{2}}$$

Contoh perhitungan:

$$Q = CA(2gh)^{1/2}$$

$$Q = 0,7 \times (1,8 \times 1,8) \times (2 \times 9,8 \times 0,5618)^{1/2}$$

$$Q = 7,530 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Hasil perhitungan kehilangan air akibat *outlet* dengan berbagai luas bukaan dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Outlet Dengan Berbagai Lebar Bukaan

Lebar Bukaan m	Koefisien Aliran	Gaya Gravitasi m/d ²	Tinggi Tekanan	Debit Keluar m ³ /d
1,8	0,7	9,81	0,5618	7,530
1,7	0,7	9,81	0,5618	7,111
1,6	0,7	9,81	0,5618	6,693
1,5	0,7	9,81	0,5618	6,275
1,4	0,7	9,81	0,5618	5,857
1,3	0,7	9,81	0,5618	5,438
1,2	0,7	9,81	0,5618	5,020
1,1	0,7	9,81	0,5618	4,602
1,0	0,7	9,81	0,5618	4,183
0,9	0,7	9,81	0,5618	3,765
0,8	0,7	9,81	0,5618	3,347
0,7	0,7	9,81	0,5618	2,928
0,6	0,7	9,81	0,5618	2,510
0,5	0,7	9,81	0,5618	2,092
0,4	0,7	9,81	0,5618	1,673
0,3	0,7	9,81	0,5618	1,255
0,2	0,7	9,81	0,5618	0,837
0,1	0,7	9,81	0,5618	0,418

Kehilangan Air Akibat Evaporasi

Kehilangan air akibat evaporasi yang terjadi di waduk Tapin dapat dihitung dengan menggunakan rumus Herbeck (1962) berikut ini:

$$E = NU_2(e_s - e_a)$$

$$N = \frac{0,0291}{As^{0,05}}$$

$$N = \frac{0,0291}{(141 \times 10^{-6})^{0,05}} = 0,011$$

$$E = 0,011 \times 0,888(27,645 - 22,493)$$

$$E = 0,052 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan kehilangan air akibat evaporasi dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Evaporasi di Waduk Tapin

Bulan	U (km/)	U (m/d)	N	es	ea	E (m ³ /d)
Januari	3,196	0,888	0,011	27,645	22,493	0,052
Februari	2,702	0,751	0,011	28,502	22,256	0,053
Maret	2,423	0,673	0,011	28,502	22,154	0,049
April	3,025	0,840	0,011	28,278	22,681	0,054
Mei	2,510	0,697	0,011	28,831	22,741	0,048
Juni	2,700	0,750	0,011	28,401	22,778	0,048
Juli	2,919	0,811	0,011	28,358	22,351	0,055
Agustus	5,202	1,445	0,011	28,538	21,496	0,116
September	4,121	1,145	0,011	28,986	21,312	0,100
Oktober	3,438	0,955	0,011	30,599	21,289	0,101
November	3,658	1,016	0,011	29,889	19,862	0,116
Desember	3,046	0,846	0,011	27,755	23,034	0,045

Kehilangan Air Akibat Air Irigasi

Waduk Tapin direncanakan dapat mengalir 5.472 hektar daerah irigasi Tapin. Mawardi (2007) menyebutkan ada beberapa fase pemenuhan kebutuhan air yaitu (1) untuk pengelolaan tanah dan persemaian selama 1-1,5 bulan diperlukan ketinggian genangan 10-14 mm/hari, (2) pertumbuhan pertama yakni selama 1-2 bulan dengan kebutuhan air 4-6 mm/hari, (3) pertumbuhan kedua selama 1-1,5 bulan dengan kebutuhan air 6-8 mm/hari, dan (4) pemasakan selama lebih kurang 1-1,5 bulan dengan kebutuhan air 5-7 mm/hari.

Daerah kabupaten tapin pada umumnya menggunakan padi lokal yang dimana waktu persemaiannya terbagi menjadi 3 yakni persemaian I (taradakan) dimulai pada bulan oktober selama 35-40 hari, lalu persemaian II (ampakan) dimulai setelah persemaian I yakni bulan november selama 35-45 hari, dan

persemaian III (malacak) dimulai setelah persemaian II pada bulan januari selama 50-70 hari sebelum dilakukan penanaman pada bulan maret dan panen pada bulan agustus.

Jadi untuk ketinggian air untuk tanaman padi di kabupaten tapin, Oktober – Februari sebanyak 12 mm/hari dan Maret – Agustus kebutuhan air 6 mm/hari untuk bulan September akan dianggap nol. Contoh perhitungan untuk bulan Oktober:

$$Q = H \times (A/T) \times 10.000$$

$$Q = 0,012 \times (5472/(31 \times 86400)) \times 10.000$$

$$Q = 0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan kehilangan air akibat air irigasi dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kehilangan Air akibat Irigasi

Bulan	Hari	H (m)	A (ha)	Q (m ³ /d)
Oktober	31	0,012	5472	0,245
November	30	0,012	5472	0,253
Desember	31	0,012	5472	0,245
Januari	31	0,012	5472	0,245
Februari	28	0,012	5472	0,271
Maret	31	0,006	5472	0,123
April	30	0,006	5472	0,127
Mei	31	0,006	5472	0,123
Juni	30	0,006	5472	0,127
Juli	31	0,006	5472	0,123
Agustus	31	0,006	5472	0,123
September	30	0	5472	0

Kehilangan Air Akibat Air Baku

Diketahui dari data teknis direncanakan waduk Tapin dapat dimanfaatkan untuk keperluan air baku dengan besaran :

$$Q = 0,50 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kehilangan Air Akibat Pembangkit Listrik

Untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga air sebanyak 1000 MW maka digunakan persamaan 2. Yang mana diketahui dari data Teknis H = 43,86 m dan g = 9,8 m/s

$$P = Q \times H \times g$$

$$Q = \frac{1000}{43,86 \times 9,8} = 2,326 \text{ m}^3/\text{detik}$$

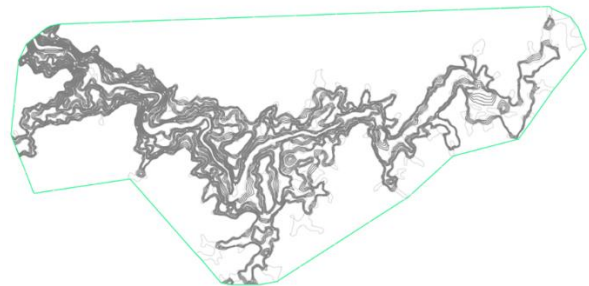
3.5 Analisis Data Bathimetri

Analisis data bathimetri digunakan untuk mengetahui kondisi dasar waduk Tapin, yang mana pengolahan datanya akan menghasilkan kontur yang berguna untuk perhitungan volume waduk Tapin. Prahasta (2002) menggunakan

data spasial atau *Geographic Information Sistem* (GIS) untuk menganalisis data bathimetri. Ada beberapa aplikasi yang digunakan untuk melakukan analisis data bathimetri yaitu *Google Earth*, *Global Mapper*, dan *AutoCAD Civil 3D*.

Google Earth digunakan untuk menentukan lokasi yang akan dicari konturnya, *Global Mapper* digunakan untuk pengolahan data dari *Google Earth* dan *Digital Elevation Model* yang hasil pengolahan data dari *Global Mapper* akan dilihat menggunakan *AutoCAD Civil 3D* untuk mendapatkan nilainya untuk perhitungan kurva lengkung kapasitas waduk Tapin.

Dari pengolahan data bathimetri didapatkan *Lay out* kontur waduk Tapin pada **Gambar 4** berikut:



Gambar 4. Lay Out Waduk Tapin

Perhitungan Volume Waduk Tapin

Perhitungan volume waduk dilakukan dengan data luas dan elevasi. Berikut data-data yang digunakan:

$$\begin{aligned} A1 \text{ (luas pada elevasi 90m)} &= 0 \text{ m}^2 \\ A2 \text{ (luas pada elevasi 91m)} &= 20.140,07 \text{ m}^2 \\ H \text{ (beda tinggi antar elevasi)} &= 1 \text{ m} \\ \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times H \times \sqrt{A1 + A2(A1 \times A2)} \end{aligned}$$

Maka,

$$V = \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{0 + 20.140,07(20.140,07 \times 0.0)}$$

$$V = 6.713,36 \text{ m}^3$$

Adapun Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut:

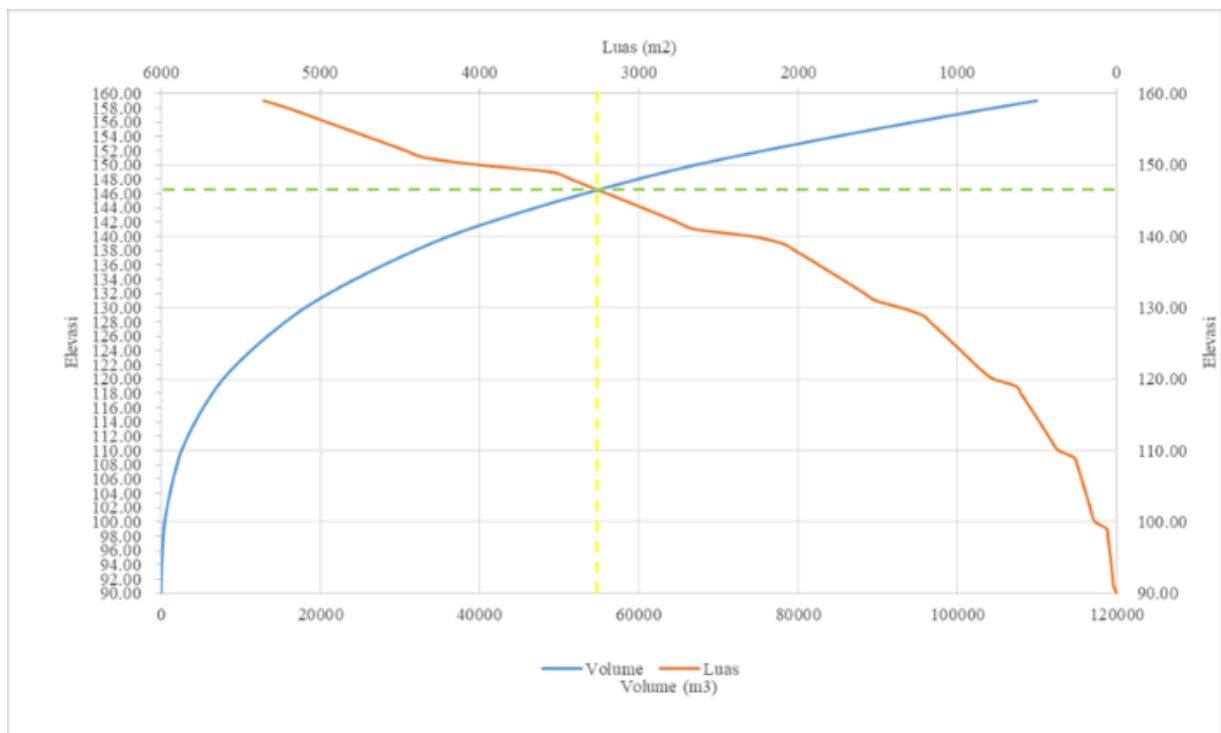
Tabel 4. Hasil Perhitungan Volume Waduk Tapin

Elevasi (m)	H (m)	Luas (m ²)	Luas Kumulatif (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
131	1	156.592,78	1.513.031,02	1.434.021,97	19.499.797,15
132	1	70.499,57	1.583.530,59	1.548.147,03	21.047.944,18
133	1	70.961,28	1.654.491,87	1.618.881,62	22.666.825,80
134	1	71.645,68	1.726.137,55	1.690.188,16	24.357.013,96
135	1	72.330,08	1.798.467,63	1.762.178,88	26.119.192,85
136	1	73.014,35	1.871.481,98	1.834.853,74	27.954.046,59
137	1	73.583,86	1.945.065,84	1.908.155,67	29.862.202,26
138	1	74.781,66	2.019.847,50	1.982.339,12	31.844.541,38
139	1	83.105,33	2.102.952,83	2.061.260,55	33.905.801,93
140	1	189.999,31	2.292.952,14	2.197.267,82	36.103.069,75
141	1	355.942,99	2.648.895,13	2.468.784,42	38.571.854,17
142	1	110.662,95	2.759.558,08	2.704.037,89	41.275.892,07
143	1	108.605,06	2.868.163,14	2.813.685,94	44.089.578,00
144	1	109.789,24	2.977.952,38	2.922.885,93	47.012.463,93
145	1	111.020,87	3.088.973,25	3.033.293,50	50.045.757,43
146	1	112.274,68	3.201.247,93	3.144.943,58	53.190.701,01
147	1	113.267,91	3.314.515,84	3.257.717,79	56.448.418,79
148	1	113.788,48	3.428.304,32	3.371.250,05	59.819.668,84
149	1	120.015,69	3.548.320,01	3.488.140,10	63.307.808,95
150	1	453.482,07	4.001.802,08	3.772.789,21	67.080.598,16
151	1	337.814,01	4.339.616,09	4.169.568,54	71.250.166,70
152	1	124.262,93	4.463.879,02	4.401.601,38	75.651.768,08
153	1	123.538,60	4.587.417,62	4.525.507,80	80.177.275,88
154	1	123.803,01	4.711.220,63	4.649.181,76	84.826.457,64
155	1	123.924,04	4.835.144,67	4.773.048,59	89.599.506,22
156	1	124.044,52	4.959.189,19	4.897.036,01	94.496.542,23
157	1	124.222,74	5.083.411,93	5.021.172,51	99.517.714,74
158	1	126.375,17	5.209.787,10	5.146.470,21	104.664.184,95
159	1	147.055,83	5.356.842,93	5.283.144,46	109.947.329,41

Membuat Grafik Lengkung Kapasitas Waduk

Dari perhitungan volume, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi volume waduk

dari grafik tersebut dapat di cari luas dari volume bendung setiap elevasi tertentu dari waduk. Adapun Grafik Lengkung Kapasitas Waduk dapat dilihat pada **Gambar 5** berikut:



Gambar 5. Grafik Lengkung Kapasitas Waduk

Berdasarkan **Gambar 5.** grafik lengkung kapasitas waduk, kapasitas optimal waduk ditunjukkan oleh titik perpotongan antara volume genangan dan luas genangan waduk pada elevasi +146,2 mdpl, berdasarkan perhitungan luas dan volume yang ada pada tabel volume kapasitas tampungan waduk pada elevasi +146,2 adalah ±53.842.244,566 m³ dengan luas genangan ±3.134.081,768 m².



Gambar 6. Tampungan Waduk Tapin

Pada **Gambar 6** diatas dapat dilihat tampungan waduk Tapin yang dimana pada elevasi +146,2 m merupakan elevasi optimal waduk dan pada +116 m berdasarkan data teknis merupakan elevasi *outlet* waduk.

3.6. Analisa Neraca Air

Kondisi neraca air di waduk Tapin dihitung dengan persamaan kontinuitas berikut ini:

$$Inflow - Outflow = \pm \Delta S$$

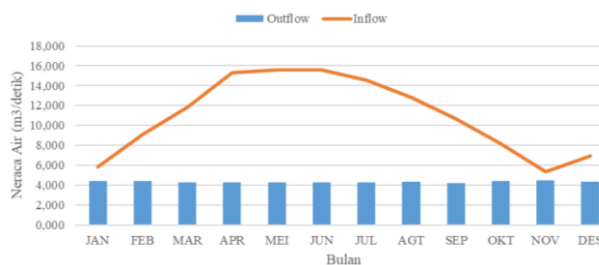
Inflow yang digunakan diambil dari debit andalan 80% sedangkan untuk *outflow* diambil dari outlet dengan bukaan 0,3 m, evaporasi, untuk air irigasi karena tidak dihitung pola tanam maka keluaran air dianggap sama setiap bulan, air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Hasil perhitungan neraca air di waduk Tapin dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut ini:

Tabel 5. Perhitungan Neraca Air

Bulan	Ketersediaan Air (<i>Inflow</i>)			Kehilangan Air (<i>Outflow</i>)					Neraca Air		Keterangan
	Debit 80%	Sisa Air	Total	<i>Outlet</i>	Evaporasi	Irigasi	Air Baku	PLTA	Total	ΔS	
JAN	5,799	0,000	5,799	1,255	0,052	0,245	0,500	2,326	4,378	1,421	Memenuhi
FEB	7,633	1,421	9,053	1,255	0,053	0,271	0,500	2,326	4,406	4,648	Memenuhi
MAR	7,222	4,648	11,870	1,255	0,049	0,123	0,500	2,326	4,252	7,618	Memenuhi
APR	7,712	7,618	15,330	1,255	0,054	0,127	0,500	2,326	4,261	11,069	Memenuhi
MEI	4,538	11,069	15,607	1,255	0,048	0,123	0,500	2,326	4,252	11,355	Memenuhi

Bulan	Ketersediaan Air (<i>Inflow</i>)			Kehilangan Air (<i>Outflow</i>)					Neraca Air		Keterangan
	Debit 80%	Sisa Air	Total	Outlet	Evaporasi	Irigasi	Air Baku	PLTA	Total	ΔS	
JUN	4,222	11,355	15,577	1,255	0,048	0,127	0,500	2,326	4,256	11,322	Memenuhi
JUL	3,213	11,322	14,535	1,255	0,055	0,123	0,500	2,326	4,259	10,276	Memenuhi
AGU	2,571	10,276	12,847	1,255	0,116	0,123	0,500	2,326	4,319	8,528	Memenuhi
SEP	2,125	8,528	10,653	1,255	0,100	0,000	0,500	2,326	4,181	6,472	Memenuhi
OKT	1,708	6,472	8,180	1,255	0,101	0,245	0,500	2,326	4,427	3,752	Memenuhi
NOV	1,615	3,752	5,367	1,255	0,116	0,253	0,500	2,326	4,450	0,917	Memenuhi
DES	5,994	0,917	6,911	1,255	0,045	0,245	0,500	2,326	4,372	2,539	Memenuhi

Berdasarkan **Tabel 5** kemudian dibuat menjadi grafik neraca air seperti pada **Gambar 7** berikut:



Gambar 7. Grafik Neraca Air di Waduk Tapin

Dari **Gambar 7** terlihat ketersediaan air tertinggi terdapat pada bulan Mei yang bernilai 15,607 m³/detik dan yang terendah terdapat pada bulan November dengan nilai 5,637 m³/detik. Kehilangan air tertinggi terdapat pada bulan November dengan nilai 4,450 m³/detik. Artinya jika dilihat ketersediaan airnya maka waduk Tapin mampu memenuhi kebutuhan air yang diperlukan.

4. KESIMPULAN

Dari perancangan ulang kurva lengkung kapasitas waduk Tapin diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Lengkung kapasitas waduk Tapin menunjukkan volume tampungan berada pada elevasi +146,2 adalah ±53.842.244,566 m³ dengan luas genangan ±3.134.081,768 m³.
2. Dari hasil neraca air terlihat ketersediaan air tertinggi terdapat pada bulan Mei yang bernilai 15,607 m³/detik dan terendah terdapat pada bulan November dengan nilai 5,637 m³/detik. Kehilangan air tertinggi terdapat pada bulan November dengan nilai 4,450 m³/detik, yang mana apabila dilihat ketersediaan air maka waduk Tapin mampu memenuhi kebutuhan air yang diperlukan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak-pihak yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdulsalam, R., Binilang, A., & Halim, F. (2014). Analisis Potensi Sungai Atep Oki serta Desain Dasar Bangunan Sipil Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi*, 2(5), pp. 225-232 <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/5765>
- Agus, A. S. (2015). Analisis Kapasitas Tampungan Waduk Sungai Paku Kecamatan Kampar Kabupaten Kampar. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik Universitas Riau*, 2(2), pp.1-7 <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTE/KNIK/article/view/8217>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7745:2012 *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman-Monteith*.
- Balaguru, M., Sankaran, S., & Ilavarasan, N. (2019). Estimation of Evaporation Loss in Red hills Lake at Thiruvallur District, Tamil Nadu. *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, 1(6), pp. 569-581. <https://journals.iiorpress.org/index.php/irjmt/article/view/264>
- Brown, G. C. (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Austin: Texas Water Development Board.
- Hadisusanto, N. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang : Jogja Media Utama.

- Hardryana, I M. A., Arsana, I G. N. K., & P, I P. G. S. (2015). Analisis Keseimbangan Air/Water Balance di Das Tukad Sungai Kabupaten Tabanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Udayana*, 19(2), pp. 99-107. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/24103>
- Irpan, A., Sujatmoko, B., & Hendri, A. (2014). Analisa Kapasitas Embung Untuk Suplai Air Irigasi (Studi Kasus: Desa Sendayan, Kecamatan Kampar Utara). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1), pp. 1-14. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/3749>
- Iswinarti, I. (2016). Kehilangan Air Akibat Rembesan Ke Dalam Tanah, Beserta Perhitungan Effesiensinya Pada Saluran Irigasi Sekunder Rejoagung I dan II. *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapannya*, 7(2), pp. 25-35. <https://ejournal.ft-undar.ac.id/index.php/intake/article/view/20>
- Limantara, L. M., & Putra, W. R. (2016). Analisa Keandalan Tampungungan Waduk di Embung Tambak Pocok Bangkalan. *Jurnal Teknik Sipil ITB Bandung*, 23(2), pp. 127-134. <https://journals.itb.ac.id/index.php/jts/article/view/2933>
- Mashuri, M., Fauzi, M., & Sandhyavitri, A. (2015). Kajian Ketersediaan dan Kebutuhan Air Baku Dengan Permodelan IHACRES di Daerah Aliran Sungai Tapung Kiri. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik Universitas Riau*, 2(1), pp. 1-12. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/6245>
- Mawardi, E. (2007). *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*, Bandung: Alfabeta.
- Prahasta, E. (2002). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar Informasi Geografis*. Bandung: Informatika Bandung.
- Priyonugroho, A. (2014). Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang*, 2(3), pp. 457-470.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Hidrologi, Ketersediaan, dan Kebutuhan Air: Pelatihan Alokasi Air*. Bandung.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*. Bandung.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Perencanaan Bendung Utama (Bendung) Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Tingkat Dasar*. Bandung.
- Sudinda, T. W. (2019). Penentuan Debit Andalan Dengan Metoda F. J. Mock di Daerah Aliran Sungai Cisadane. *Jurnal Air Indonesia Pusat Teknologi Lingkungan BPPT*, 11(1), pp. 15-24. <http://ejurnal2.bppt.go.id/index.php/JAI/article/viewFile/3933/3243>
- Soedibyo. (2003). *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sofandi, H. (2019). *Analisis Kehilangan Air Pada Saluran Irigasi Daerah Irigasi Sudi Mampir Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung*. Skripsi. Universitas Komputer Bandung. <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1257/>
- Suharthama, W. G., Wijaya, I W. A., & Janardana, I G. N. (2015). Analisa Daya Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Tukad Balian, Tabanan Menggunakan Simulink. *E-Jurnal Spektrum Fakultas Teknik, Universitas Udayana*, 2(2), pp. 110-114. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/20022>