

Analisis ketersediaan air untuk kebutuhan air baku wilayah Kabupaten Banjarnegara melalui daerah aliran sungai (DAS) Merawu

Rashesa Azzahra¹, Dinia Anggraheni^{1,*}

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Ketersediaan Air
FJ Mock
Debit Andalan

Corresponding Author:

Dinia Anggraheni
dinia.anggraheni@uii.ac.id

Abstract

The Merawu River is located in the upper reaches of the Serayu River and is a priority sub-watershed. With the population growth in Banjarnegara Regency, for example in 2019 there were 923,215 people and an increase in 2020 to 1,017,767 people, it will affect the fulfillment of raw water needs. Therefore, an analysis of the potential water availability for raw water needs in the Merawu watershed. The analysis of 90% mainstay discharge used observational discharge data from Clangap Station, but for completing the discharge data loss using The FJ Mock Model. In the FJ Mock Model, there was data analysis. Evapotranspiration calculation uses climatological data from Karangobar Station in 2003 using the Penman Modification method. The data used are monthly rainfall data from 2 rain gauge stations (Kalisapi and Karangobar Stations). The results of the calculation of water availability with 90% reliability obtained calculated discharge from January to December are 46.28; 47.02; 42.09; 21.27; 12.93; 9.18; 5.62; 3.11; 4.53; 10.24; 22.68; and 26.65 m³/second respectively. The value of raw water demand in the Merawu watershed in 2033 is 0.363 m³/second. The results of water availability were sufficient for raw water needs. Even if the calculation used all data on the population of Banjarnegara Regency, the mainstay discharge also still met the raw water demand of 1.67 m³/second.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Di Pulau Jawa ini terdapat beberapa sungai terpanjang yang pastinya juga memiliki peran besar bagi daerah sekitarnya, salah satunya Sungai Serayu yang berada di Jawa Tengah. Sungai Serayu dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat pada wilayah Kabupaten Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, dan Cilacap (Munir, 2009).

Sungai Merawu adalah salah satu anak Sungai Serayu yang terletak di Kabupaten Banjarnegara dan dikelilingi beberapa kecamatan yang terletak di sekitarnya seperti Kecamatan Banjarmangu, Madukara, Karangobar, Wanayasa, dan Pagentan.

Sungai Merawu termasuk dalam salah satu sungai dari 5 sungai terpanjang di Kabupaten Banjarnegara dengan panjang sekitar 32 km (Utama, 2023). Merawu merupakan salah satu Sub DAS yang terletak di hulu DAS Serayu yang menjadi salah satu Sub DAS prioritas (Funan, 2022).

Berdasarkan data dari BPS Kabupaten Banjarnegara jumlah penduduk pada tahun 2019 sebanyak 923.192 jiwa dan tahun 2020 sebanyak 1.017.767 jiwa. Dengan pertumbuhan penduduk yang terjadi dapat mempengaruhi pula jumlah pemenuhan kebutuhan air baku. Maka, untuk mengetahui potensi ketersediaan air untuk kebutuhan air

baku dilakukan analisis ketersediaan air pada DAS Merawu.

Untuk melakukan analisis ketersediaan air, perlu diketahui data debit aliran sungai. Namun, sangat disayangkan, data debit sungai yang ada di Indonesia tidak selalu tersedia secara lengkap oleh pengelola system informasi sumber daya air khususnya dalam hal ini di DAS Merawu. Oleh karena itu, digunakan metode empiris untuk tahun 2004, 2013, dan 2019-2023 untuk analisis aliran dengan metode F.J. Mock. Dengan adanya data curah hujan dan klimatologi maka dapat dilakukan analisis ketersediaan air dengan metode F.J. Mock untuk mengevaluasi dan memahami seberapa banyak air yang tersedia dan sejauh mana kebutuhan air di kabupaten Banjarnegara yang dapat dipenuhi.

Tinjauan Pustaka

Analisis Debit Aliran

Karena data debit observasi masih tergolong minim di Indonesia, analisis debit aliran menggunakan formula empirik tentu saja bukan hal yang baru lagi. Oleh karenanya, metode yang digunakan juga sangat beragam.

Salah satunya adalah Model SWAT yang digunakan karena dalam melakukan analisis debit memperhitungkan data iklim, sifat tanah, topografi, vegetasi, dan praktik pengolahan lahan yang terjadi di dalam DAS. Model SWAT pernah digunakan untuk memprediksi debit harian DAS Serayu dengan nilai parameter statistik R^2 yang kurang memuaskan, tetapi nilai p-faktor yang dianggap valid (Ramadhan, 2022). Kedua, Metode FJ Mock, metode ini dilakukan dengan mengaplikasikan pendekatan model hujan aliran dengan menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi untuk memprediksi besar debit sungai dengan interval waktu bulanan untuk memprediksi ketersediaan air di DAS Krueng Aceh (Lubis dkk, 2022). Model HI-SPHY juga pernah dilakukan untuk menganalisis ketersediaan Sungai Indus Hulu, Gangga, Brahmaputra, Salween, dan Mekong di India dengan menganalisis terperinci ketidakpastian skenario ketersediaan air

sesuai iklim dan mempertimbangkan unsur presipitasi yang lebih beragam seperti salju, gletser, dan curah hujan, serta pengaruh aliran dasar (Lutz dkk, 2013).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Suripin (2002), DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas batuan, seperti jalan atau tanggul dimana air hujan turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (outlet). DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dengan arah tegak lurus dengan garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS. Semakin besar luas DAS maka akan semakin besar jumlah limpasan permukaan, sehingga akan semakin besar pula jumlah debit yang mengalir di sungai (Triatmodjo, 2008).

Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah (Hartini, 2017)

Curah Hujan Rencana

Dalam analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada suatu daerah. Terdapat tiga metode yang dapat dilakukan yaitu metode rerapa aritmatik, metode polygon Thiessen dan metode isohyet (Triatmodjo, 2008).

Curah hujan rencana merupakan estimasi hujan yang akan terjadi pada suatu DAS. Untuk menghitung curah hujan rencana dapat menggunakan metode distribusi Gumbel, Log Pearson Type III, Probabilitas Normal, dan Probabilitas Log Normal. Apabila analisis frekuensi debit atau curah hujan

menggunakan metode distribusi Gumbel atau distribusi Log Pearson Tipe III, maka paling sedikit harus menggunakan data sepanjang 10 tahun yang berurutan (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang diandalkan untuk suatu probabilitas tertentu. Probabilitas untuk debit andalan berbeda-beda. Secara umum untuk irigasi biasanya digunakan debit andalan probabilitas 80%, yang artinya probabilitas terjadinya debit yang lebih besar dari yang direncanakan. Debit andalan 90% digunakan untuk air baku dan PLTA, dan 95% untuk aliran pemeliharaan sungai. Semakin besar nilai presentase debit andalan menunjukkan penting pemakaiannya dan prioritas yang makin awal yang harus diberi air. Dengan demikian debit andalan disebut sebagai debit minimum pada tingkat peluang tertentu yang dapat dipakai untuk penyediaan air bersih (SNI 6738, 2015).

Analisis debit andalan 90% dalam bulanan untuk mengetahui debit kebutuhan air baku juga pernah dilakukan untuk investigasi kebutuhan air permukaan Sungai Kapur Solok Selatan (Zufrimar dan Zainal, 2020).

Neraca Air

Neraca air adalah keseimbangan antara kebutuhan air dengan jumlah air yang tersedia. Dengan memahami neraca air pada suatu wilayah sungai, maka dapat diidentifikasi seberapa kritis kondisi kekurangan air yang dapat terjadi, atau seberapa kritis kondisi kekurangan air yang dapat terjadi, atau seberapa rawan terhadap kekeringan pada wilayah sungai yang bersangkutan. Pada prinsipnya neraca air terbagi atas tiga bagian, yaitu ketersediaan air yang dinyatakan dalam ketersediaan rata-rata dan ketersediaan yang dapat diandalkan dengan kemungkinan sukses 80%, kebutuhan air untuk berbagai keperluan, dan neraca keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air (Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2012).

Metode FJ Mock

Metode analisis yang bisa digunakan dalam perhitungan debit andalan adalah neraca air (water balance). Dalam laporan “Land Capability Appraisal Indonesia-Water Availability Appraisal” menjelaskan bahwa, perhitungan ketersediaan air permukaan ditentukan oleh metode water balance, dalam hal ini berdasarkan perhitungan air hujan yang sebagian hilang mengalami evapotranspirasi dan efek redistribusi menjadi limpasan langsung dan sebagian air lain akan terinfiltrasi ke dalam tanah Metode analisis yang bisa digunakan dalam perhitungan debit andalan adalah neraca air (F.J. Mock, 1973).

Perhitungan F.J. Mock ini didasarkan pada data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi DAS yang ditinjau untuk mengukur ketersediaan air bila data debit yang tersedia tidak memadai. Persamaan dasar model Mock digunakan dalam perhitungan pengalihragaman hujan menjadi aliran atau debit. Pada gambar berikut dapat menunjukkan struktur model Mock yang terdiri dari 3 bagian yaitu hujan, penguapan, aliran permukaan dan aliran dasar (Mock, 1973)

Data-data yang digunakan dalam perhitungan antara lain.

1. Curah hujan harian (P)
2. Jumlah hujan harian (n)
3. Jumlah permukaan kering harian (d) dihitung dengan asumsi, tanah dalam suatu hari mampu menahan air 12 mm dan selalu menguap sebesar 4 mm.
4. Exposed surface (m%)
5. Evapotranspirasi (E)

$$Et = Ep - E \quad (1)$$

$$E = Ep \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \quad (2)$$

Keterangan:

Et = Evapotranspirasi actual (mm)

E = Selisih evapotranspirasi potensial dengan terbatas (mm)

Ep = Evapotranspirasi potensial (mm)

m = Singkapan lahan (*exposed surface*)

n = Jumlah hari hujan

6. Luas Daerah Aliran Sungai (A)
7. Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)} \quad (3)$$

$$Ws = As - Is \quad (4)$$

Keterangan:

SMC = Kelembaban tanah

$SMC_{(n)}$ = Kelembaban tanah periode ke-n

$SMC_{(n-1)}$ = Kelembaban tanah periode ke n-1

IS = Tampung awal (*initial storage*) (mm)

As = Air hujan yang sampai ke tanah (hujan lebihan)

Ws = *Water surplus*

8. Hujan Lebihan (As)

$$As = P - Et \quad (5)$$

9. Initial Ground Water Storage (IGSW)

10. Faktor Resesi Aliran Tanah (k)

11. Penyimpanan Air Tanah (GWS)

$$V_n = k \times V_{n-1} + 0,5(1 + k) I \quad (6)$$

$$\Delta V_n = V_n - V_{n-1} \quad (7)$$

Keterangan:

V_n = Volume air tanah periode ke-n (m^3)

k = Faktor resesi aliran tanah

I = Infiltrasi bulan ke-n (mm)

ΔV_n = Perubahan volume air tanah (m^3)

V_{n-1} = Volume air tanah periode ke-(n-1) (m^3)

12. Aliran Sungai

$$BSF = I - (GWS - IGWS) \quad (8)$$

$$DRO = Ws - I \quad (9)$$

$$TRO = DRO + BSF \quad (10)$$

$$Q_{CAL} = \frac{A \times TRO \times 1000}{Hari \times 24 \times 3600} \quad (11)$$

Keterangan:

BSF = Aliran dasar (mm)

I = Infiltrasi (mm)

GWS = Aliran total (mm)

DRO = Aliran permukaan (mm)

Ws = Kelebihan air (mm)

TRO = Aliran sungai

Q_{CAL} = Debit aliran atau debit andalan (m^3/s)

A = Luas daerah tangkapan (km^2)

Untuk memastikan bahwa model mendekati kondisi riil, maka diperlukan kalibrasi model. Tujuan kalibrasi adalah untuk memprediksi parameter model sehingga hasil simulasi debit lebih dekat dengan nilai debit sebenarnya.

Lalu, untuk melakukannya nilai dari 6 parameter DAS (DIC, WIC, IGWS, ISM, SMC, dan k) dimasukkan untuk trial error, kemudian koefisien korelasi (r) dan volume error (VE) terhadap data debit yang diukur pada tahun pertama dihitung. Hasilnya harus menjadi nilai yang memenuhi syarat untuk VE dan r .

1. Koefisien korelasi (r)

Nilai koefisien korelasi adalah nilai yang menggambarkan tingkat korelasi nilai debit terhitung dengan debit terukur. Besarnya dapat dicari menggunakan rumus berikut.

$$r = \frac{n \sum(Q_{cal} Q_{obs}) - (\sum Q_{obs})(\sum Q_{cal})}{\sqrt{(n \sum Q_{obs}^2 - (\sum Q_{obs})^2)(n \sum Q_{cal}^2 - (\sum Q_{cal})^2)}} \quad (12)$$

Keterangan:

r = Koefisien korelasi

Q_{cal} = Debit terhitung (m^3/s)

Q_{obs} = Debit terukur (m^3/s)

n = Periode pengukuran

2. Volume Error (VE)

Nilai perbedaan volume diukur dan dihitung selama proses simulasi disebut volume error (VE). Kriteria unjuk kerja tinggi berkisar antara $-5\% < VE < 5\%$. Rumus berikut digunakan untuk menemukan nilai selisih volume (VE).

$$VE = ABS\left(\frac{\sum Q_{obs} - \sum Q_{cal}}{\sum Q_{cal}}\right) \times 100 \quad (13)$$

Keterangan:

VE = Selisih volume (%)

Q_{obs} = Debit terukur (m^3/s)

Q_{cal} = Debit terhitung (m^3/s)

Proyeksi Kebutuhan Air Baku

Proses proyeksi kebutuhan air bersih melibatkan analisis pertumbuhan penduduk. Berikut parameter yang berkaitan dengan proyeksi kebutuhan air bersih tersebut (Soemarto, 1999).

1. Angka Pertumbuhan Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk dalam presentase dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$Laju\ pertumbuhan\ (\%) = \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\frac{1}{T}} - 1 \quad (14)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk pada awal tahun

T = Jumlah total tahun

2. Proyeksi Jumlah Penduduk
Proyeksi jumlah penduduk dapat dilakukan dengan cara seperti berikut.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (15)$$

Keterangan:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun

r = presentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun

n = periode waktu yang ditinjau

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, proses analisis dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. Pendahuluan: Pengumpulan dan analisis literatur yang relevan dengan topik penelitian dilakukan pada tahap ini.
2. Pengumpulan data sekunder seperti data hidrologi, curah hujan, dan kependudukan dikumpulkan dari lembaga terkait yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.
3. Menghitung curah hujan wilayah dengan menggunakan stasiun hujan yaitu stasiun hujan Karangobar.
4. Menghitung nilai evapotranspirasi menggunakan data iklim yang berupa suhu, kecepatan angin, lama penyinaran, kelembapan udara. Pada perhitungan debit andalan model F.J. Mock evapotranspirasi potensial akan diubah menjadi evapotranspirasi actual.
5. Pemodelan menggunakan F.J. Mock dengan menentukan nilai parameter dengan acuan debit yang diukur di awal tahun. Setelah memperoleh debit simulasi, debit observasi diverifikasi. Verifikasi dilakukan tahun-tahun

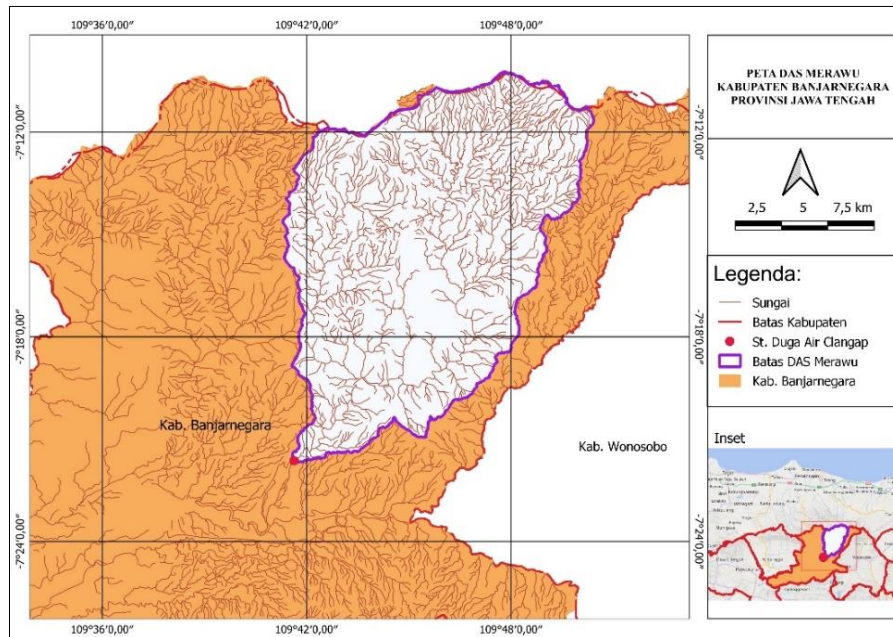
berikutnya dengan debit terukur dan nilai indikator koefisien korelasi (r) dan volume error (VE) untuk menguji hasil perhitungan debit simulasi.

6. Perhitungan debit andalan yang dihitung pada DAS Merawu dengan keandalan 90%.
7. Perhitungan kebutuhan air bersih dalam 2 sektor yaitu kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik. Proses perhitungan kebutuhan air domestik dilakukan dengan menghitung proyeksi penduduk dengan metode geometri untuk mengetahui jumlah penduduk di Kabupaten Banjarnegara pada tahun proyeksi. Selanjutnya untuk perhitungan kebutuhan air pada sektor non domestik dilakukan dengan melakukan penjumlahan terhadap kebutuhan air yang digunakan oleh fasilitas-fasilitas yang ada di daerah Kabupaten Banjarnegara seperti fasilitas pendidikan, kesehatan, perkantoran, tempat peribadatan, industri, dan lain-lainnya dengan memperhatikan pertumbuhan fasilitas-fasilitas tersebut. Kemudian menjumlahkan nilai kebutuhan air domestik dan non domestik sehingga didapatkan nilai kebutuhan air bersih di Kabupaten Banjarnegara.
8. Analisis keterpenuhan dengan membandingkan debit kebutuhan air bersih dengan nilai ketersediaan air debit andalan 90% di DAS Merawu.

Hasil Analisis dan Pembahasan

Delineasi DAS

Pada penelitian ini digunakan program QGIS untuk membantu menentukan batas DAS dari Sungai Merawu menggunakan data DEM (Digital Elevation Model). Hasil dari delineasi DAS Merawu menggunakan QGIS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 DAS Merawu

Curah hujan

Analisis hujan kawasan dilakukan dengan metode aritmatik karena hanya menggunakan

dua stasiun hujan yaitu Kalisapi dan Singomerto. Berikut rekapitulasi analisis curah hujan bulanan untuk DAS Merawu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Daerah Bulanan

No.	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
1	2003	462,8 0	519,4 5	507,6 5	158,7 5	72,45	39,95	0	0	16	254	423,5 5	625,5 5
2	2004	387,8 5	337,0 5	427,7 5	269,6 5	202,2	76,2	122,7	0	37,2	11,53	609,5	517,2 5
3	2005	265,4	297,0 5	402,3	424,2	40,1	126,7	188,7	99,7	31,5	285	247,1	591,5 5
4	2006	516,8 5	541,7	408,7 5	133	111,9 5	34	0	0	0,85	127	317,2	708,1
5	2007	164,2	391	587,5	634,2	135,7	72	47,4	0	1,8	140,6	414,8	638,4 5
6	2008	288	288,9	441,3	248,9 2	102,4 25	40,9	0	15,77 5	2,54	422,3 8	615,9 65	409,6 45
7	2009	472,9	489,0 5	316	355,7 75	253,2	177,0 5	25,6	0	12,5	118,0 75	444	744,9
8	2010	498,6 1	527,6 6	661,6 8	314,6	565,5	267,5	127,3	171,8	0	343,9	538	516,8
9	2011	190,8	325,7 2	430,3 6	581,3 4	212	92,1	36,03	0	8	227,0 5	740,1	519,1
10	2012	440,1 7	327,0 9	123,8 9	414,7	229,7	89,36	0	0	0	279,9	562,8	916,6
11	2013	477,1 5	340,9 35	301,7 4	366,5 75	266,4 05	326,0 45	185,3 5	6,69	1,06	172,8	269,7 25	553,4 3
12	2014	259,6 6	169,2 1	297,3 45	406,9	272,6 75	208,8 25	260,1 85	51,04	1,02	122,5 9	605,8 9	751,7 8
13	2015	263	326,8 5	523,3 5	474,2	179,0 5	52,7	1,5	1,8	0	0	485,7	479,4
14	2016	321,1	375,1	538,4	429,4 5	515,7 5	399,5 25	218,9	250,9	400,9 5	476,2 5	669,2 5	524,4
15	2017	524,4 5	460,3 5	372,1	428,2 75	131,2 5	150,3	13,15	0	208,4	307,4 5	389,2 5	434,8 5

Lanjutan Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Daerah Bulanan

No.	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
16	2018	476,9 5	542,9	448,8	275,5	164,7 4	35,65	3	0	14,55	23,95	543,9 5	376,2
17	2019	509,7	536,5	587,0 5	469,6 5	154,4	2	1	2,05	0	3	191,5 5	360,3 35
18	2020	450,2 5	394,4 5	642,6 5	220,3 5	294	23,5	10,1	26,5	65,8	529,3	543,2	762,5 5
19	2021	674,9	429,6	454,3	192,3	139,8 5	264,8 5	7	29	147,9	233,1	523,1	660,8 5
20	2022	307,8 5	323	657,8	360,7	352,4	294,4 6	134,7	149,4	316,6	615,3	565,3	414,4
21	2023	437,8	263	358,2	324,6	171,8	82,3	126,4	2,4	2	39,8	413,2	568,4

Evapotranspirasi

Karena data klimatologi terbatas, data untuk analisis evapotranspirasi tahun 2003 dipakai untuk perhitungan selanjutnya. Oleh karena

itu, data evapotranspirasi dianggap selalu tetap setiap tahunnya. Berikut adalah rekapitulasi hasil analisis evapotranspirasi dengan Metode Penman Modifikasi (Tabel 2).

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Metode Penman

No.	Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	Jumlah hari (hari)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2	Temperatur T (°C)	28,1 6	27,8 9	28,1 6	28,4 1	26, 61	27, 96	28, 33	27, 50	27, 54	28, 67	28,64	28, 55
3	Kelembaban udara Rh (%)	79,6 8	74,9 3	90,3 2	88,5 0	83, 23	80, 97	76, 65	89, 35	85, 83	90, 55	85,77	89, 13
4	Kecepatan angin U (km/hari)	43,6	204, 3	64,1	38,5	129 ,2	120 ,6	87, 5	117 ,8	115 ,5	96, 5	53,9	54, 6
5	Penyinaran matahari n/N (%)	29,2 1	17,3 7	14,9 8	20,1 2	47, 75	50, 22	43, 57	45, 46	19, 23	19, 38	20,66	20, 70
6	Letak Lintang Selatan	7°16'05,0" 7,268055556											
7	Nilai koreksi c	1,1	1,1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1
8	Tekanan uap jenuh ea (mbar)	38,1 7	37,5 8	38,1 7	38,7 5	34, 89	37, 71	38, 57	36, 75	36, 84	39, 33	39,28	39, 06
9	Tekanan uap aktual ed (mbar)	30,4 1	28,1 5	34,4 8	34,2 9	29, 04	30, 53	29, 56	32, 84	31, 62	35, 62	33,69	34, 82
10	Faktor kecepatan angin f(U)	0,39	0,82	0,44	0,37	0,6 2	0,6 0	0,5 1	0,5 9	0,5 8	0,5 3	0,42	0,4 2
11	Faktor pembobot W	0,79	0,79	0,79	0,79	0,7 8	0,7 9	0,7 9	0,7 9	0,7 9	0,7 9	0,79	0,7 9
12	Radiasi teoritis atmosfer Ra (mm/hari)	15,9 9	16,0 6	15,5 4	14,5 1	13, 21	12, 55	12, 85	13, 81	14, 94	15, 76	15,93	15, 89
13	Radiasi ke bumi Rs (mm/hari)	6,33	5,41	5,05	5,09	6,4 6	6,2 9	6,0 1	6,5 9	5,1 7	5,4 7	5,63	5,6 2
14	Radiasi gelombang bersih Rns (mm/hari)	4,75	4,06	3,79	3,82	4,8 4	4,7 2	4,5 1	4,9 4	3,8 8	4,1 0	4,22	4,2 1
15	Koreksi akibat temperatur f(T)	16,3 3	16,2 8	16,3 3	16,3 8	16, 02	16, 29	16, 37	16, 20	16, 21	16, 43	16,43	16, 41
16	Koreksi akibat tekanan uap air f(ed)	0,10	0,11	0,08	0,08	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,0 9	0,0 9	0,0 8	0,08	0,0 8
17	Koreksi penyinaran matahari f(n/N)	0,36	0,26	0,23	0,28	0,5 3	0,5 5	0,4 9	0,5 1	0,2 7	0,2 7	0,29	0,2 9
18	Radiasi yang dipancarkan oleh bumi RnI (mm/hari)	0,58	0,44	0,31	0,38	0,8 7	0,8 7	0,8 1	0,7 2	0,4 1	0,3 5	0,40	0,3 8
19	Radiasi netto Rn (mm/hari)	5,76	4,97	4,73	4,71	5,5 8	5,4 2	5,2 0	5,8 7	4,7 6	5,1 2	5,23	5,2 4

Lanjutan Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Evapotranspirasi Potensial (ETo) Metode Penman

No.	Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
20	Evapotranspirasi potensial Eto (mm/hari)	5,70	6,11	4,09	3,67	4,6 3	4,6 6	4,5 6	4,5 9	4,8 3	4,9 2	5,09	4,9 7
21	Evapotranspirasi potensial Eto bulanan (mm/bulan)	176, 72	170, 96	126, 72	110, 07	143 ,53	139 ,76	141 ,34	142 ,33	144 ,93	152 ,43	152,7 8	154 ,22

Analisis Debit Aliran dengan Metode FJ Mock

Berdasarkan rekaman data debit observasi, terdapat beberapa kekosongan data pada tahun 2004, 2013, dan 2019-2020. Oleh karena itu, dengan metode FJ Mock, dilakukan prediksi debit aliran bulanan pada tahun-tahun tersebut.

Dengan memasukkan nilai batasan parameter untuk lokasi DAS Serayu (Julia, 2014) adalah: WIC dengan rentang 0,35-0,75; DIC 0,5-1; ISM 50-200 mm; SMC 100-300 mm; IWGS 100-2000 mm; dan K 0-0,999.

Setelah dilakukan kalibrasi nilai, maka diperoleh nilai r dan VE yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai r dan VE

No	Tahun	r	VE
1	2003	0,89	0,32
2	2012	0,57	72,80
3	2018	0,77	77,26

Hasil kalibrasi dinyatakan baik hanya untuk tahun 2003, sedangkan untuk tahun 2012 dan 2018, nilai r dinyatakan relatif kurang hingga cukup dengan volume error yang cukup besar

Analisis Debit Andalan

Untuk mengetahui ketersediaan air baku, dilakukan perhitungan, nilai debit andalan dengan keandalan 90%. Data debit selama 21 tahun diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil untuk mendapatkan nilai probabilitas. Karena tidak ada probabilitas 90%, maka nilai probabilitas 86% dan 91% diinterpolasi. Berikut adalah perhitungan interpolasinya dan dilakukan dengan interpolasi yang sama untuk bulan berikutnya (Tabel 4).

Tabel 4. Analisis Debit Andalan

Data ke-	Tahun	Prob	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
1	2003	0,05	197,4	199,5	215,4	219,7	189,5	168,9	150,9	134,6	177,9	202,2	221,3	192,4
2	2004	0,09	192,7	196,8	197,3	188,0	157,5	129,4	124,6	120,7	109,4	148,6	177,7	192,4
3	2005	0,14	178,4	189,3	187,4	186,8	156,9	119,4	93,0	97,7	102,9	120,7	170,9	191,9
4	2006	0,18	166,6	186,3	181,2	176,3	143,3	111,8	88,4	97,5	73,4	118,7	132,8	186,9
5	2007	0,23	159,4	169,1	157,2	151,1	120,6	101,5	86,8	83,7	65,3	118,7	130,5	185,1
6	2008	0,27	157,4	168,9	156,7	143,4	113,1	86,3	83,6	79,5	63,1	74,3	130,5	168,3
7	2009	0,32	147,5	147,0	133,8	127,6	111,0	76,7	83,1	73,0	56,5	71,2	130,5	138,9
8	2010	0,36	143,9	116,6	109,8	102,6	90,0	75,5	75,2	65,6	54,6	64,1	102,5	138,9
9	2011	0,41	143,8	105,9	69,1	62,5	59,1	71,1	67,7	64,1	49,7	57,5	100,1	136,0
10	2012	0,45	135,3	66,6	66,5	57,8	57,5	63,6	60,8	57,7	48,3	56,4	88,1	131,7
11	2013	0,50	134,5	62,2	63,5	57,6	56,2	45,7	45,7	46,7	46,0	54,5	62,3	64,5
12	2014	0,55	134,2	62,1	48,6	35,5	21,9	15,2	14,2	7,5	14,0	37,1	35,6	46,0

Lanjutan Tabel 4. Analisis Debit Andalan

Data ke-	Tahun	Prob	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
13	2015	0,59	90,7	56,3	45,8	33,2	19,7	14,9	7,0	6,9	7,0	25,0	33,3	37,3
14	2016	0,64	59,1	49,0	45,2	27,6	14,3	12,1	6,6	6,2	5,7	17,6	29,9	30,4
15	2017	0,68	50,4	47,1	45,0	21,3	13,1	9,6	5,9	3,4	5,1	11,2	24,5	28,1
16	2018	0,73	36,8	46,8	35,3	21,1	12,4	8,2	5,0	2,4	3,2	8,0	18,5	23,3
17	2019	0,77	31,7	33,5	25,7	18,4	12,4	7,1	4,5	1,9	0,4	4,9	17,6	20,2
18	2020	0,82	22,9	19,9	18,4	16,2	11,1	6,5	3,6	1,5	0,1	0,3	14,3	23,9
19	2021	0,86	15,7	17,5	16,8	15,4	8,8	3,5	0,9	0,2	0,1	0,0	11,4	17,3
20	2022	0,91	15,4	17,1	16,8	15,1	6,3	3,3	0,8	0,2	0,1	0,0	4,2	18,5
21	2023	0,95	14,8	15,1	14,6	11,5	6,1	3,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	10,4
Q 90%		0,9	0,9	15,4	17,2	16,8	15,2	6,8	3,3	0,8	0,2	0,1	0,0	5,6

Analisis Kebutuhan Air Baku

Setelah semua hasil perhitungan kebutuhan air baku dari sektor domestik dan non domestik didapatkan. Selanjutnya, kebutuhan total air baku untuk DAS Merawu dengan mengambil

data di 5 (lima) kecamatan di Kabupaten Banjarnegara yaitu: Kecamatan Karangkoobar, Wanayasa, Banjarmangu, Madukara, dan Pangentan dapat dihitung dari tahun 2021-2033 seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Air Total DAS Merawu Tahun 2021-2033

Jenis Kebutuhan	Jumlah kebutuhan (Kecamatan karangkoobar, wanayasa, banjarmangu, madukara, pangentan)													
	2020	Proyeksi Kebutuhan												
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Sambungan Rumah (Sr)	196,7	199,0	201,4	203,8	206,2	208,7	211,2	213,7	216,3	218,9	221,5	224,1	226,8	229,5
Hidran Umum (Hu)	14,7	14,9	15,1	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,2	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2
Fasilitas Pendidikan	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4
Fasilitas Masjid	15,5	15,6	15,7	15,9	16,1	16,4	16,7	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,3	18,6
Fasilitas Musholla	14,3	14,5	14,6	14,5	14,6	14,8	14,9	15,1	15,3	15,4	15,6	15,7	15,9	16,1
Fasilitas Gereja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fasilitas Puskesmas	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Peternakan (Ternak Besar)	12,5	12,1	11,7	11,4	11,1	10,7	10,4	10,1	9,8	9,6	9,3	9,0	8,8	8,5
Peternakan (Ternak Sedang)	14,6	14,5	14,3	14,2	14,1	14,0	13,9	13,8	13,7	13,6	13,5	13,5	13,4	13,4
Peternakan (Unggas)	17,4	18,5	19,7	21,1	22,7	24,5	26,6	29,0	31,7	34,7	38,2	42,1	46,5	51,5
Fasilitas Perkantoran	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Fasilitas Pasar	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3

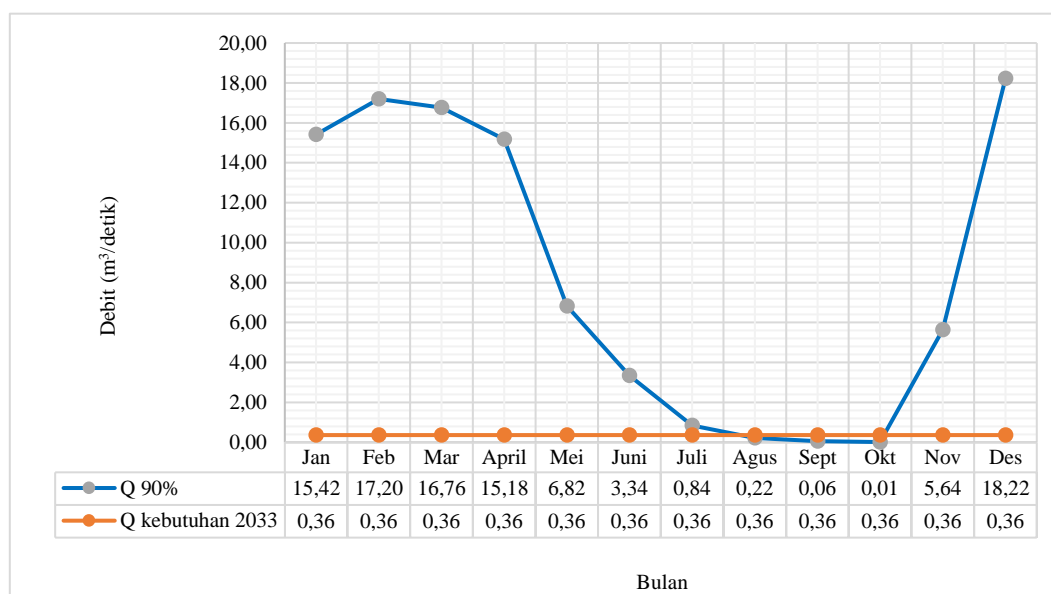
Lanjutan Tabel 5. Kebutuhan Air Total DAS Merawu Tahun 2021-2033

Jenis Kebutuhan	Jumlah kebutuhan (Kecamatan karangkobar, wanayasa, banjarmangu, madukara, pangentan)													
	2020	Proyeksi Kebutuhan												
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2033
Jml Debit Kebutuhan (liter/detik)	292,60	299,5	303,2	307,4	312,0	316,8	322,0	327,5	333,4	340,0	346,9	354,4	362,6	
Jml Debit Kebutuhan (m ³ /detik)	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36

Analisis Neraca Air

Setelah didapatkan nilai ketersediaan air baku dengan debit andalan 90% untuk setiap bulannya dan nilai kebutuhan air baku untuk proyeksi sampai tahun 2033, maka dapat diketahui besarnya

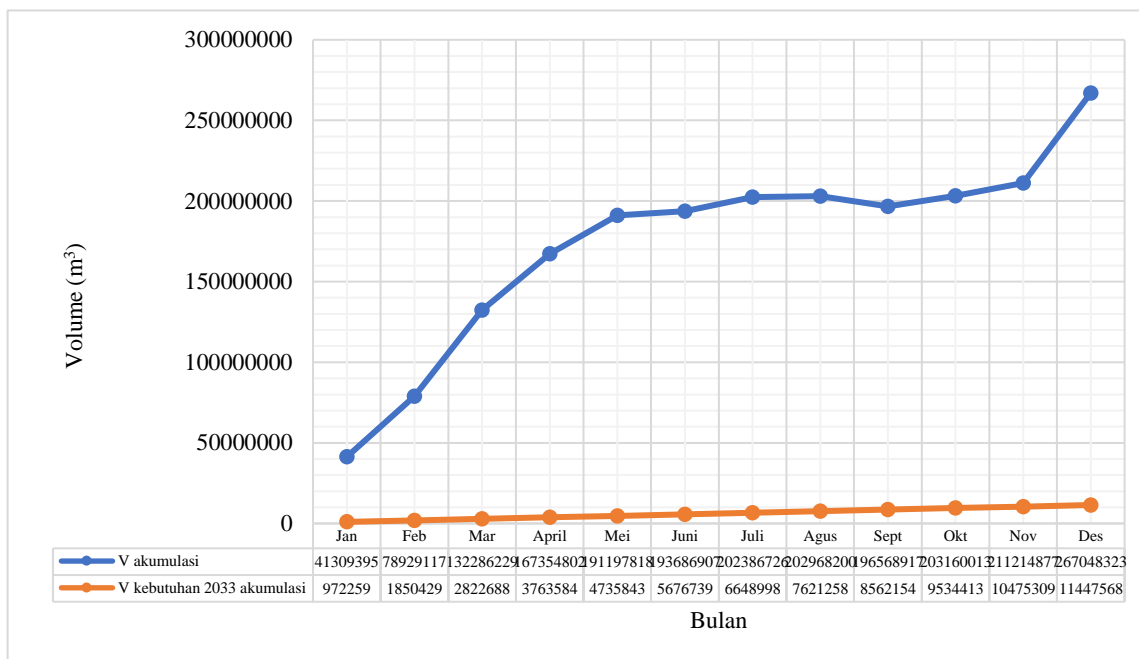
selisih diantara debit andalan 90% akumulasi dan proyeksi debit kebutuhan air baku tahun 2033 di DAS Merawu dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Grafik Neraca Ketersediaan dan Kebutuhan Air Baku DAS Merawu

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa debit kebutuhan air baku di Kecamatan Banjarmangu, Madukara, Karangobar, Wanayasa, dan Pangentan pada tahun 2033 dapat terpenuhi oleh debit andalan 90% namun tidak sepanjang tahun. Ketersediaan air pada DAS Merawu mengalami surplus pada bulan Januari-Juli dan November-Desember, sedangkan defisit ketersediaan air terjadi pada bulan Agustus-Oktober

Sesungguhnya potensi air di DAS Merawu cukup tinggi bila diasumsikan potensi air sepanjang tahun dilakukan penampungan dalam sebuah volume seperti waduk, sehingga kebutuhan air baku penduduk sangat terpenuhi oleh ketersediaan air di DAS Merawu. Berikut Gambar 3 yang menunjukkan grafik akumulasi volume ketersediaan air dengan kebutuhan air baku di DAS Merawu pada tahun 2033.



Gambar 3 Grafik Akumulasi Ketersediaan dan Kebutuhan Air Baku DAS Merawu

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa grafik kebutuhan air baku tahun proyeksi 2033 masih terletak di bawah grafik ketersediaan, artinya adalah volume kebutuhan air baku 2033 masih terpenuhi oleh nilai akumulasi dari bulan Januari sampai Desember. Namun pada kenyataannya air masih dilewatkan melalui sungai saja, sehingga pada bulan tertentu masih terjadi defisit ketersediaan air.

Kesimpulan

Nilai ketersediaan air diperoleh dengan menghitung debit andalan 90% menggunakan debit observasi (Stasiun Clangap) dan debit terhitung dengan hasil berturut-turut dari bulan Januari-Desember adalah 15,42; 17,20; 16,76; 15,18; 6,82; 3,34; 0,84; 0,22; 0,06; 0,01; 5,64; 18,22 m³/detik. Nilai debit andalan maksimum sebesar 18,22 m³/detik dan nilai minimum sebesar 0,01 m³/detik.

Nilai kebutuhan air baku di DAS Merawu paling besar didapatkan pada tahun 2033 dengan nilai 0,363 m³/detik.

Pada perhitungan ketersediaan air baku di DAS Merawu hasilnya ketersediaan air pada DAS Merawu mengalami surplus pada bulan Januari-Juli dan November-Desember, sedangkan terjadi defisit ketersediaan air pada bulan Agustus-Oktober. Namun, apabila debit keseluruhan yang tersedia di DAS Merawu ditampung dalam sebuah volume seperti waduk, maka nilai akumulasi ketersediaan air dapat memenuhi debit kebutuhan air baku di Kecamatan Banjarmasin, Madukara, Karangobar, Wanayasa, dan Pangentan pada tahun 2033.

Saran

Mempersiapkan kelengkapan data hidrologi secara teliti sebelum penelitian agar lebih akurat seperti dengan kondisi sebenarnya.

Bila ada, mencoba metode lain dalam penentuan nilai optimasi parameter selain menggunakan program solver dari Microsoft Excel, agar didapat hasil yang lebih optimum.

Berdasarkan analisis, ketersediaan air pada DAS merawu memiliki potensi air yang cukup besar, namun terjadi defisit pada

bulan tertentu sehingga perlu dilakukan pembangunan struktur konservasi air untuk menjamin pemenuhan kebutuhan air baku.

Daftar Pustaka

- A.F. Lutz, M. D. (2013). Water Availability Analysis for the Upper Indus, Ganges, Brahmaputra, Salween. Wageningen: International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara. (2020). Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Banjarnegara.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Pedoman Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik untuk Bangunan di Sungai. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit
- Funan, M. G. (2022). Strategi Rehabilitasi Lahan Berdasarkan Fungsi Kawasan Dan Penggunaan Lahan Di Sub Daerah Aliran Sungai Merawu Kabupaten Banjarnegara. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Hartini, E. (2017). Hidrologi & Hidrolika Terapan. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro
- Lubis, R. I., & Devianti. (2022). Penggunaan Model Mock dalam Menghitung Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh. JURNAL ILMIAH MAHASISWA PERTANIAN, Vol. 7, No. 3.
- Mock, F. (1973). Land Capability Appraisal Indonesia-Water Availability Appraisal. Bogor: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Munir, A. (2009). Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu Provinsi Jawa Tengah Berdasarkan Kondidi Fisik, Sosial, serta Ekonomi. Departemen Geografi: FMIPA Universitas Indonesia
- Pusat Litbang Sumber Daya Air. (2012). Neraca Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada Wilayah Sungai di Indonesia. Jakarta: Badan Litbang Pekerjaan Umum.
- Ramadhan, A. P. (2022). Simulasi debit Aliran Sungai Serayu dengan Menggunakan Model Swat. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- SNI 6738: 2015 Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia.
- Soemarto, C. D. (1999). Hidrologi Teknik (2 ed.). Jakarta: Erlangga.
- Suripin. (2002). Pengelolaan Sumber Daya Tanahdan Air. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset
- Utama, A. B. (2023, Juli 3). 5 Sungai Terpanjang di Banjarnegara, Jawa Tengah No 2 Bukan Sungai Serayu Apalagi Sapi, Bisa Tebak? Ragam, pp. <https://www.jatimnetwork.com/ragam/43934801>

[7/5-sungai-terpanjang-di-banjarnegara-jawa-tengah-no-2-bukan-sungai-serayu-apalagi-sapi-bisa-tebak.](#)

- Zufrimar, & Zainal, E. (2020). Investigasi Ketersediaan Air Permukaan Sungai Kapur Solok Selatan untuk Kebutuhan Air Baku. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, Vol. 17 No. 1.