

SKRIPSI

ANALISIS DEBIT ANDALAN UNTUK KEBUTUHAN AIR

DAERAH IRIGASI AWO KAB. WAJO



Oleh :

MUHAMMAD ARIFIN

105 81 11218 18

ALFRIDA SARI

105 81 11203 18

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

28/04/2021

1 cap
Sub Alumi

P/0018/SIP/21cp

ARJ

a'



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : ANALISIS DEBIT ANDALAN UNTUK KEBUTUHAN AIR DAERAH IRIGASI AWO
KABUPATEN WAJO

Nama : MUHAMMAD ARIFIN
ALFRIDA SARI

Stambuk : 105 81 11218 18
105 81 11203 18

Makassar, 15 Rajab 1442 H
27 Februari 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT

Pembimbing II

Fausiah Latief, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

NBM : 1183 084



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skrripsi atas nama **Muhammad Arifin** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11218 18 dan **Prisca Sari** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11203 18, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skrripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 27 Februari 2021.

Makassar, 15 Rajab 1442 H
27 Februari 2021 M

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

Penguji :

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

b. Sekretaris : M. Agusalam, ST., MT

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

2. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT

3. Mahmuddin, ST., MT., IPM

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT

Pembimbing II

Fausiah Latief, ST., MT



Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500

ANALISIS DEBIT ANDALAN UNTUK KEBUTAN AIR DAERAH IRIGASI AWO KABUPATEN WAJO

Muhammad Arifin¹ dan Alfrida Sari²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, ipink.mccray@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, alfridasari29@gmail.com

Abstrak

Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, pembangunan saluran irigasi sangat diperlukan untuk menunjang penyediaan bahan pangan, sehingga ketersediaan air di Daerah Irigasi akan terpenuhi walaupun Daerah Irigasi tersebut berada jauh dari sumber air permukaan (sungai). Dalam perencanaan suatu sistem irigasi hal pertama yang perlu dikerjakan adalah analisis hidrologi termasuk mengenai kebutuhan air di sawah (GFR), Kebutuhan air pengambilan (DR), Kebutuhan bersih air disawah (NFR) juga faktor ketersediaan air, dimana jumlah kebutuhan air akan dapat menentukan terhadap perencanaan bangunan irigasi. Analisis hidrologi kebutuhan air di daerah irigasi Awo ini bertujuan untuk mengetahui ketersediaan air, apakah mencukupi untuk mengairi daerah irigasi Awo yang luasnya 3.350 ha. Dari hasil analisis perhitungan diketahui kebutuhan air untuk luas areal 3350 Ha, debit air yang ada pada musim tanam dimusim kemarau sebesar 0.745 m³/dtk, sedangkan kebutuhan air sebesar 2,823 m³/dtk. Debit tersedia dapat diketahui pada musim kemarau dimana air yang tersedia dibendung lebih kecil dari pada kebutuhan sedangkan curah hujan sangat kecil. Defisit air terjadi karena pada periode tersebut dilakukan pengolahan tanah sehingga kebutuhan irigasi cenderung tinggi. Penentuan pola tanam Padi-Palawija-Padi-Palawija. musim tanam I dimulai pada Oktober II dan musim tanam II dimulai pada April II. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air tidak terpenuhi, nilai debit andalan yang nilainya lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan air pada daerah irigasi Awo.

Kata kunci : Ketersediaan Air, Debit Andalan, Kebutuhan Air, Pola Tanam.

Abstract

Irrigation is an effort to provide and manage water to support agriculture whose types include surface irrigation, swamp irrigation, underground water irrigation, the construction of irrigation channels are needed to support the provision of foodstuffs, so that the availability of water in the Irrigation Area will be met even though the Irrigation Area is far from the surface water source (river). In planning an irrigation system the first thing that needs to be done is hydrological analysis including about water needs in rice fields (GFR), Water retrieval needs (DR), Clean needs of rice fields (NFR) as well as water availability factors, where the amount of water needs will be able to determine the planning of irrigation buildings. Hydrological analysis of water needs in the Awo irrigation area aims to determine the availability of water, whether it is sufficient to irrigate the Awo irrigation area of 3,350 ha. From the analysis of the calculation known water needs for an area of 3350 ha, the discharge of water in the growing season in the dry season of 0.745 m³ / s, while the water needs of 2,823 m³ / s. Debit available can be known in the dry season where the available water is dammed smaller than the need while the rainfall is very small, Water deficit occurs because in that period is done soil processing so irrigation needs tend to be high. Determination of rice planting patterns - Palawija - Padi - Palawija. The first growing season begins in October II and the second growing season begins in April II. Based on the results of the calculation of water needs are not met, the value of the mainstay discharge is smaller than the water needs in the irrigation area of Awo.

Keywords: Water Availability, Flagship Discharge, Water Needs, Planting Pattern.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian yang berjudul "*Analisis Debit Andalan untuk Kebutuhan Air Daerah Irigasi Awo Kab. Wajo*" yang disusun berdasarkan hasil dari beberapa referensi terkait.

Penulisan skripsi penelitian ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Strata I Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Dalam penyusunan skripsi penelitian ini, penulis mendapat bimbingan, bantuan, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya melalui kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, pengertian dan perhatian serta dorongan, baik berupa moril maupun materi.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag.** selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T IPM.** Selaku Dekan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar

4. Bapak **Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM.** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Bapak **Ir. Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM.** selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ibu **Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT.** sebagai Pembimbing I penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
7. Ibu **Fauziah Latif, ST., MT.** sebagai Pembimbing II penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
8. Bapak dan ibu dosen serta seluruh staf dan karyawan Universitas Muhammadiyah Makassar pada Jurusan Teknik Sipil.
9. Seluruh saudara / saudari seperjuangan kami.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi penelitian ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam dunia Pendidikan Teknik Sipil.

Makassar, Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI SINGKATAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II. LANDASAN TEORI	6
A. Umum.....	6
B. Curah Hujan.....	6
1. Metode Rata-rata Aljabar.....	7
2. Metode Poligon Thiessen.....	7
3. Metode Isohyet.....	8
C. Analisis Kebutuhan Air (<i>Metode F J. Mock</i>).....	9
1. Data Curah Hujan.....	10
2. Evapotranspirasi.....	10

3. Kesemimbangan Air pada Permukaan Tanah	12
4. Limpasan (<i>run off</i>) dan Tampunguan Air Tanah (<i>Ground Water Storage</i>)	13
5. Debit Andalan.....	14
D. Analisis Kebutuhan Air	15
1. Kebutuhan Air bagi Tanaman.....	15
2. Evapotranspirasi	16
3. Perkolasi	17
4. Koefisien Tanaman (Kc).....	17
5. Hujan Andalan dan Hujan Efektif (Re)	18
6. Kebutuhan Ait untuk Pengolahan Lahan	18
7. Kebutuhan Air untuk Pertumbuhan	19
8. Pola Tanam.....	20
E. Kebutuhan Air untuk Irigasi.....	20
F. Neraca Air	21
BAB III. METODE PENELITIAN.....	23
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
1. Waktu Penelitian	23
2. Lokasi Penelitian	23
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	25
1. Jenis Penelitian	25
2. Sumber Data	25
C. Variabel Penelitian.....	26

D. Teknik Pengumpulan Data	27
1. Curah Hujan Setengah Bulanan	28
2. Data Klimatologi	28
3. Skema Irigasi	28
E. Teknis Analisis Data	29
F. Prosedur Penelitian	29
G. Bagan Alir	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Analisa Ketersediaan Air menggunakan Metode F.J Mock	31
1. Perhitungan Curah Hujan Rat-Rata	31
2. Perhitungan Evapotranspirasi Terbatas (Et)	34
3. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah	39
4. Aliran dan Penyimpanan Air Tanah	39
5. Debit Andalan	42
B. Kebutuhan Air	44
1. Persiapan Lahan	44
2. Kebutuhan Air pada Tanaman	44
3. Kebutuhan Air Irigasi Sawah	46
C. Keseimbangan Air (Neraca Air/ <i>Water Balance</i>)	47
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1. Peta DAS Sungai Awo dan Curah Hujan yang
Berpengaruh24
- Gambar 3.2. Bagan Alir Analisis Debit Rancangan untuk
Kebutuhan Air Daerah Irigasi Awo Kab. Wajo20
- Gambar 4.1. Grafik Neraca Air.....48



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.a Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode aljabar (mm).....	31
Tabel 4.1.b Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode aljabar (mm).....	32
Tabel 4.2.a Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode Poligon Thiessen (mm).....	32
Tabel 4.2.b Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode Poligon Thiessen (mm).....	33
Tabel 4.3.a Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode Isohyet (mm).....	34
Tabel 4.3.b Curah Hujan Rata-rata setengah bulanan dengan metode Isohyet (mm).....	34
Tabel 4.4.a Perhitungan Evaporasi Potensial (ET0) Metode Penman Modifikasi	37
Tabel 4.4.b Perhitungan Evaporasi Potensial (ET0) Metode Penman Modifikasi	38
Tabel 4.5. Rekap hitungan debit aliran Sungai Awo dari tahun 2010-2019	41
Tabel 4.6. Penentuan Debit Andalan dengan data curah hujan.....	42
Tabel 4.7. Debit Andalan (Q80) dalam satuan m ³ /dtk.....	43
Tabel 4.8. Penentuan Debit Andalan dengan data PDA.....	43
Tabel 4.9. Debit Andalan (Q80) dalam satuan m ³ /dtk.....	44

Tabel 4.10. Kebutuhan Air di Sawah per Ha Pada Daerah Irigasi Awo
(mm/hari)..... 45

Tabel 4.11. Kebutuhan Air di Sawah Pada Daerah Irigasi Awo (m^3/dtk).. 46

Tabel 4.12. Kebutuhan Air di Sawah Pada Daerah Irigasi Awo (m^3/dtk).. 47

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Neraca Air (m^3/dtk)..... 48



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Penman I Hubungan Suhu (t) dengan $\epsilon\gamma$, w , dan $f(t)$
- Lampiran 2 Besaran Nilai Angot (R_a) dalam Evaporasi Ekvivalen dalam Hubungannya dengan Letak Lintang (mm/hari) (untuk daerah Indonesia, antara 50 LU sampai 100 LS)
- Lampiran 3 Tabel Penman 3 Nilai Angka Koefisien Bulanan (C) untuk Rumus Penman
- Lampiran 4 Koefisien Tanaman Padi dan Palawija (Ditjen Pengairan, 1985)
- Lampiran 5 Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan
- Lampiran 6 Curah Hujan Maximum
- Lampiran 7 Data Klimatologi
- Lampiran 8 Skema Irigasi pada Daerah Irigasi Awo
- Lampiran 9 Simulasi Mock
- Lampiran 10 Perhitungan Pola Tanam

DAFTAR NOTASI SINGKATAN

- DAS = Daerah Aliran Sungai
- R_s = Curah Hujan bulanan (mm)
- E_a = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)
- E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)
- E_{To} = Evaporasi Potensial metode Penman (mm/hari)
- M = Persentasi lahan yang tidak tertutup tanaman, ditaksir dari peta tata guna lahan
- w = Faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi daerah
- R_s = Radiasi gelombang pendek (mm/hr)
- R_n = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr)
- $f(t)$ = Fungsi Suhu
- $f(\epsilon_d)$ = Fungsi Tekanan Uap
- $f(U)$ = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian
- RH = Kelembaban Relative (%)
- C = Angka Koreksi
- D_s = Air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm/ hari)
- P = Curah hujan (mm/ hari)
- $V(n)$ = Volume air tanah bulan ke-n (mm)
- $V(n-1)$ = Volume air tanah bulan ke-(n-1) (mm)
- k = Faktor resesi alirannair tanah

In = Infiltrasi bulan ke n

DV(n) = Perubahan volume aliran air tanah

NFR = Kebutuhan air untuk irigasi (mm/ hari)

WLR = Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/ hari)

P = Perkolasi

Re = Hujan efektif



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Air juga sangat diperlukan untuk kegiatan industri, perikanan, pertanian dan usaha-usaha lainnya. Dalam memenuhi kebutuhan air khususnya untuk kebutuhan air di persawahan maka perlu sistem irigasi. Kebutuhan air di persawahan ini kemudian disebut dengan kebutuhan air irigasi.

Di negeri ini potensi untuk pemenuhan kebutuhan air cukup besar. Hal ini ditunjang oleh letak geografis Indonesia di daerah tropis yang mempunyai curah hujan yang tinggi dan didukung banyaknya sungai yang ada. Tetapi sebagian besar air yang ada di sungai tersebut dibiarkan mengalir begitu saja ke laut tanpa ada pemeliharaan, pengelolaan atau pemanfaatan yang berarti (Linsley & Franzini, 1991).

Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Irigasi dimaksudkan untuk mendukung produktivitas usaha tani guna meningkatkan produksi pertanian, khususnya petani yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi.

Tujuan irigasi adalah mengalirkan air secara teratur sesuai kebutuhan tanaman pada saat persediaan air tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman bias tumbuh secara normal. Pemberian air irigasi yang efisien selain dipengaruhi oleh tata cara aplikasi, juga ditentukan oleh kebutuhan air guna mencapai kondisi air tersedia yang dibutuhkan.

Daerah irigasi (D.I) Awo terletak di Kabupaten Wajo, yang saat ini telah berkembang sebagai daerah pertanian untuk berbagai komoditi pertanian yaitu berupa areal persawahan. Dalam memenuhi kebutuhan air khususnya untuk kebutuhan air di persawahan maka perlu pendistribusian air yang benar. Kebutuhan air di persawahan ini kemudian disebut dengan kebutuhan air irigasi. Tujuan irigasi adalah untuk memanfaatkan air irigasi yang tersedia secara benar yakni seefisien dan seefektif mungkin agar produktivitas pertanian dapat meningkat sesuai yang diharapkan. Salah satu usaha peningkatan produksi pangan khususnya padi adalah tersedianya air irigasi di sawah sesuai dengan kebutuhan. Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Besarnya kebutuhan air irigasi juga bergantung kepada cara pengolahan lahan.

Design yang dibuat di era 1990 kebutuhan air maximum daerah irigasi Awo untuk mengairi areal 3.350 ha cukup besar, secara umum sistem golongan diperlukan pada musim kemarau dimana air yang tersedia dibendung lebih kecil daripada kebutuhan sedangkan curah hujan sangat kecil.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka penulis tertarik untuk mengambil judul penelitian **“Analisis Debit Andalan untuk Kebutuhan Air Daerah Irigasi Awo Kab. Wajo”**

B. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa besar debit rancangan untuk memenuhi kebutuhan irigasi pada daerah irigasi Awo ?
2. Bagaimana menentukan pola tanam pada daerah irigasi Awo?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit andalan pada Sungai Awo di daerah irigasi Awo
2. Mengetahui pola tanam pada daerah irigasi Awo

D. Manfaat penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, kita dapat memperoleh manfaat yaitu :

1. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi acuan dan bahan bacaan yang melakukan penelitian berhubungan dengan analisis kebutuhan irigasi
2. Sebagai sumbangan pemikiran terhadap instansi terkait sebagai rujukan untuk perhitungan pola tanam

E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan Batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Sungai Awo yang panjangnya kurang lebih 91 km, dengan daerah tangkapan (*catchment Area*) seluas kurang lebih 240 km²
2. Data curah hujan selama 10 tahun terakhir.
3. Stasiun curah hujan yang digunakan 3 (tiga) stasiun yaitu Stasiun Awo, stasiun Siwa dan stasiun Talang Riaja.
4. Perhitungan curah hujan rata-rata dengan tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode Poligon Thiessen dan metode Ihsoyet.
5. Perhitungan debit andalan dengan menggunakan metode *F.J Mock*

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena ini dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II LANDASAN TEORI yang berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, meliputi teori tentang sungai, analisa kebutuhan air dan neraca air.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN yang berisi tentang metode penelitian yang terdiri atas lokasi penelitian, pengumpulan data, analisa data dan bagan alur penelitian.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN yang berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan besar kebutuhan air pada daerah irigasi Awo.

Bab V KESIMPULAN DAN SARAN yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Umum

Dalam pekerjaan perencanaan suatu konstruksi diperlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu pengetahuan itu antara lain geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah (Soedibyo, 1993).

Setiap daerah irigasi mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan jaringan irigasi, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan tersebut. Dalam bab ini dipaparkan secara singkat mengenai kebutuhan air dan analisis hidrologi yang digunakan dalam perhitungan konstruksi dan bangunan pelengkap.

B. Curah Hujan

Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan waduk. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 1997).

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode Poligon Thiessen dan metode Ihsoyet (Loebis,1987)

1. Metode rata-rata Aljabar

Dimana tinggi rata - rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

$$\bar{X} = \frac{X_1+X_2+\dots+X_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan =

- \bar{X} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)
- X1, X2, Xn = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ...n (mm)
- n = Banyaknya pos penakar

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitar. Pada suatu luasan didalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat. Sehingga hujan yang tercatat pada pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode

ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2013).

Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis,

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan =

- R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- R1, R2, Rn = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)
- A1, A2, ..An = Luas daerah pada polygon 1,2,.....,n (km2)

3. Metode Isohyet

Ishoyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Ishoyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis Ishoyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Issoyet tersebut

Metode Ishoyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata disuatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Ishoyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dan metode lainnya.

$$R = \frac{\frac{(R_1 + R_2)}{2} \times A_1 + \frac{(R_1 + R_2)}{2} \times A_2 + \dots + \frac{(R_n + R_n)}{2} \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan =

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

R_1, R_2, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas area antara 2 (dua) ihsoyet (km²)

C. Analisis Kebutuhan Air (*Metode F J. Mock*)

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air (Soemarto, 1999). Perhitungan ini digunakan untuk, masukan simulasi operasi bangunan daerah kritis dalam pemanfaatan air. Salah satu metode yang digunakan adalah metode F J. Mock (1973) yang dikembangkan khusus untuk perhitungan sungai-sungai di Indonesia. Dasar pendekatan metode ini, mempertimbangkan faktor curah hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah dan kandungan air tanah.

Prinsip perhitungan ini adalah bahwa hujan yang jatuh di atas tanah (presipitasi) sebagian akan hilang karena penguapan (evaporasi), sebagian akan hilang menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (infiltrasi). Infiltrasi mula-mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian menjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow*.

Perhitungan debit andalan meliputi :

1. Data curah hujan

R_s = Curah hujan bulanan (mm)

n = Jumlah hari hujan.

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi Aktual (E_a) dihitung dari Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) metode Penman (Hidrologi praktis, 2010). Hubungan antara E_a dan E_{To} dihitung dengan rumus (Hidrologi praktis, 2010) :

$$E_a = E_{To} - \Delta E \sim (E_a = E_t) \dots \dots \dots (4)$$

$$\Delta E = E_{To} \times (m/20) \times (18 - n) \sim (E = \Delta E) \dots \dots \dots (5)$$

Dengan :

E_a : Evapotranspirasi aktual (mm/hari)

E_t : Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

E_{To} : Evaporasi Potensial metode Penman (mm/hari)

M : Persentasi lahan yang tidak tertutup tanaman, ditaksir dari peta tata guna lahan

m : 0 untuk lahan dengan hutan lebat

m : 0 untuk lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah

10% setiap bulan kering berikutnya.

m : 10 – 40 % untuk lahan yang tererosi

m : 30 – 50 % untuk lahan pertanian yang diolah (missal : sawah dan ladang)
pada musim kemarau m harus dibesarkan sekitar 10% dari musim hujan.

n : jumlah hari hujan dalam sebulan

Dengan :

$$E_{to} = C \cdot ET^* \dots \dots \dots (6)$$

$$ET^* = w(0,75 R_s - R_{n1}) + (1-w) f(U) (\epsilon\gamma - \epsilon d) \dots \dots \dots (7)$$

Berdasar hasil empiris, pendekatan konsep keseimbangan energi radiasi matahari dan rekomendasi dari Badan Pangan serta Pertanian (FAD) tahun 1977 dengan :

W : faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi daerah (Lampiran)

R_s : radiasi gelombang pendek (mm/hr)

R_s : $(0,25 + 0,54 \frac{n}{N}) R_{\gamma}$ dimana n = persentase penyinaran N = 100

R_γ : radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (angka angkot),

berhubungan dengan Lokasi Lintang daerah (Lampiran)

R_n : radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr), $R_n = (0,75 \times R_s) - R_{n1}$

R_{n1} : $f(t) \cdot f(\epsilon d) \cdot f(\frac{n}{N})$

f(t) : fungsi suhu : $\sigma \cdot T_a^4$ (Lampiran)

f(εd) : fungsi tekanan uap = $0,34 - 0,44 \sqrt{\epsilon d}$

e_d : $\epsilon \gamma * RH$

$f(\frac{n}{N})$: fungsi kecerahan matahari = $0,1 - 0,9 \frac{n}{N}$

$f(U)$: fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00

$f(U)$: $0,27 * (1 + 0,864 U)$; dimana U = Kecepatan Angin

$(\epsilon \gamma - e_d)$: perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

RH : Kelembaban relative (%)

C : Angka koreksi (Lampiran)

3. Keseimbangan air pada permukaan tanah

a. Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D_s = P - E_t \dots \dots \dots (8)$$

Dengan :

D_s : Air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm/hari)

P : Curah hujan (mm/hari)

E_t : evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

a. Bila harga D_s positif ($P > E_t$) maka air masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi, dan sebaliknya akan melimpas bila kondisi tanah jenuh. Bila harga D_s negative ($P < E_t$), sebagian air tanah akan keluar dan terjadi kekurangan (*defisit*). P = Curah hujan.

- b. Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*) tergantung dari D_s . Bila D_s negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembaban tanah bulan sebelumnya.
- c. Kapasitas kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*), Perkiraan kapasitas kelembaban tanah awal diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m^3 . Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan makin besar pula. Jika pemakaian model dimulai bulan Januari, yaitu pertengahan musim hujan, maka tanah dapat dianggap berada pada kapasitas lapangan (*field capacity*). Sedangkan jika model dimulai dalam musim kemarau, akan terdapat kekurangan, dan kelembaban tanah awal yang mestinya di bawah kapasitas lapang.

4. Limpasan (*run off*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*)

- a. Penyimpanan Air Tanah (*Groundwater storage*)

$$V_{(n)} = k \cdot V_{(n-1)} + 0.5 \cdot (1 - k) \cdot I_{(n)} \dots \dots \dots (9)$$

$$DV_{(n)} = V_{(n)} - V_{(n-1)} \dots \dots \dots (10)$$

Dengan :

$V_{(n)}$: Volume air tanah bulan ke-n (mm)

$V_{(n-1)}$: Volume air tanah bulan ke-(n-1) (mm)

k : Faktor resesi aliran air tanah

In : Infiltrasi bulan ke n

$DV_{(n)}$: Perubahan volume aliran air tanah

Faktor resesi air tanah (k) adalah 0 – 1.0, Harga k yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat seperti pada kondisi geologi lapisan bawah yang sangat lulus air (*permeable*).

b. Limpasan (Run Off)

Aliran dasar = Infiltrasi – perubahan volume air dalam tanah

Limpasan langsung = Kelebihan Air (*Water Surplus*) – infiltrasi

Limpasan/Aliran (R)= Aliran dasar + limpasan langsung

Debit Andalan = Debit aliran sungai dinyatakan dalam m³/bulan,
diperoleh dari rumus berikut :

$$\text{Luas Catchment Area} \times \text{Aliran (R)} \dots \dots \dots (11)$$

5. Debit Andalan

Debit Andalan adalah debit minimum sungai dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Bambang Triatmodjo, 2008). Kemungkinan debit minimum sungai yang dapat dipenuhi ditetapkan dari 80% debit sehingga kemungkinan debit sungai lebih rendah dari debit andalan sebesar 20%. Untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka nilai debit yang dianalisis adalah dengan metode Mock

dengan aturan menurut tahun pengamatan yang diperoleh, harus diurut dari yang terbesar sampai yang terkecil. Selanjutnya dihitung tingkat keandalan debit tersebut dapat terjadi, berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull (Soemarto, 1995).

$$P \% = \frac{m^2}{n^2+1} \times 100 \% \dots\dots\dots(12)$$

Dengan :

P : Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

M : Nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil

N : Jumlah data

Dalam studi ini debit andalan digunakan untuk menghitung besar debit sungai yang dapat memenuhi kebutuhan air. Jika data yang tersedia adalah debit setengah bulanan atau debit 2 mingguan, data yang diperoleh diurutkan dari angka terbesar ke angka terkecil setiap bulannya, setelah itu dihitung persentase keandalannya dari m/n di mana m adalah nomor urut dan n adalah jumlah data. Untuk keperluan pertanian digunakan debit 80%.

D. Analisis Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Bagi Tanaman

Kebutuhan air bagi tanaman yaitu banyaknya air yang dibutuhkan tanaman untuk membuat jaring tanaman (batang dan daun) dan untuk diuapkan

evapotranspirasi, perkolasi, curah hujan, pengolahan lahan, dan pertumbuhan tanaman.

Rumus yang digunakan yaitu (Ditjen Pengairan, 1985) :

$$NFR = Et + P - Re + WLR \dots \dots \dots (13)$$

Dengan :

NFR = Kebutuhan air untuk irigasi (mm/hari)

Et = Evapotranspirasi (mm/hari)

WLR = Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/hari)

P = Perkolasi (mm)

Re = Hujan efektif (mm)

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari permukaan tanah, sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman akibat proses respirasi dan fotosintesis. Proses hilangnya air akibat evapotranspirasi ini merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam hidrologi. Besarnya nilai evapotranspirasi sangat dibutuhkan untuk tujuan perencanaan irigasi, konservasi air, serta proses irigasi itu sendiri (Subarkah, 1980).

Terdapat beberapa metode yang bisa digunakan untuk menentukan besarnya nilai evapotranspirasi yaitu metode Thorntwaite, Blaney-Criddle, dan Penman modifikasi, dalam penelitian ini besarnya evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan Metode Penman yang dapat dilihat pada rumus 4.

3. Perkolasi

Perkolasi adalah meresapnya air ke dalam tanah dengan arah vertikal ke bawah, dari lapisan tidak jenuh. Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, kedalaman air tanah dan sistem perakarannya. Koefisien perkolasi adalah sebagai berikut (Hardihardjaja dkk., 1997) :

- (1) Berdasarkan kemiringan :
 - (a) lahan datar = 1 mm/hari
 - (b) lahan miring > 5% = 2 – 5 mm/hari
- (2) Berdasarkan tekstur :
 - (a) berat (lempung) = 1 – 2 mm/hari
 - (b) sedang (lempung kepasiran) = 2 -3 mm/hari
 - (c) ringan = 3 – 6 mm/hari

4. Koefisien tanaman (Kc)

Besarnya koefisien tanaman (Kc) tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Pada perhitungan ini digunakan koefisien tanaman untuk padi

FAO dengan varietas unggul. Harga-harga koefisien tanaman padi dan palawija disajikan pada lampiran.

5. Hujan Andalan dan Hujan Efektif (R_e)

Berdasarkan Kriteria Perencanaan (KP-01) dalam perhitungan tersebut diambil kemungkinan tak terpenuhi 20% untuk kebutuhan air irigasi padi, curah hujan efektif setengah bulanan diambil 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, yang dinyatakan dengan rumus berikut :

$$R_e = 0,7 \frac{R_{80}}{15} \dots \dots \dots (14)$$

Curah hujan efektif tengah bulanan untuk palawija menurut KP-01, diambil terpenuhi 50% (R_{50})

$$R_e = \frac{R_{50}}{15} \dots \dots \dots (13)$$

6. Kebutuhan Air Untuk Pengolahan Lahan

(1) Pengolahan lahan untuk padi

Kebutuhan air untuk pengolahan atau penyiraman lahan akan menentukan kebutuhan maksimum air irigasi. Faktor-faktor yang menentuka besarnya kebutuhan air untuk pengolahan tanah, yaitu besarnya penjemuran, lamanya pengolahan (periode pengolahan) dan besarnya evaporasi dan perkolasi yang terjadi.

Waktu yang diperlukan untuk pekerjaan penyiapan lahan adalah selama satu bulan (30 hari). Kebutuhan air untuk pengolahan tanah bagi tanaman padi diambil 200 mm, setelah tanam selesai lapisan air di sawah ditambah 50 mm. Jadi kebutuhan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah tanam selesai seluruhnya menjadi 250 mm. Sedangkan untuk lahan yang tidak ditanami (sawah bero) dalam jangka waktu 2,5 bulan diambil 300 mm (sumber : Lampiran II Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi 01).

Untuk memudahkan perhitungan angka pengolahan tanah digunakan koefisien Van De Goor dan Zijlstra pada lampiran.

(2) Pengolahan lahan untuk palawija

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan bagi palawija sebesar 50 mm selama 15 hari yaitu 3,33 mm/hari, yang digunakan untuk menggarap lahan yang ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembab yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh (Hardihardjaja dkk., 1997).

7. Kebutuhan air untuk pertumbuhan

Berdasarkan Kriteria Perencanaan (KP-01) penggantian lapisan air dilakukan setelah kegiatan pemupukan yang telah dijadwalkan. Jika tidak ada pejadwalan semacam itu, maka penggantian lapisan air tersebut dilakukan sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (3,33 mm/hari). Penggantian air dilakukan setelah satu bulan dan 2 bulan setelah awal tanam.

8. Pola Tanam

Pola tanam adalah usaha penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur susunan tata letak dan urutan tanaman selama periode waktu tertentu termasuk masa pengolahan tanah dan masa tidak ditanami selama periode tertentu (Anton, 2014).

Pola tanam di daerah tropis, biasanya disusun selama satu tahun dengan memperhatikan curah hujan, terutama pada daerah atau lahan yang sepenuhnya tergantung dari curah hujan. Maka pemilihan jenis/ varietas yang ditanam perlu disesuaikan dengan keadaan air yang tersedia ataupun curah hujan.

E. Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Kebutuhan air untuk irigasi yaitu kebutuhan air yang digunakan untuk menentukan pola tanaman untuk menentukan tingkat efisiensi saluran irigasi sehingga didapat kebutuhan air untuk masing-masing jaringan. Perhitungan kebutuhan air irigasi ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya debit yang akan dipakai untuk mengairi daerah irigasi, setelah sebelumnya diketahui besarnya efisiensi irigasi. Besarnya efisiensi irigasi tergantung dari besarnya kehilangan air yang terjadi sepanjang saluran pembawa, dari bangunan pengambilan sampai dengan petak sawah. Kehilangan air tersebut disebabkan karena penguapan, perkolasi, kebocoran dan penyadapan secara liar (Ditjen Pengairan, 1985).

Pola tanam adalah suatu pola penanaman jenis tanaman selama satu tahun yang merupakan kombinasi urutan penanaman. Rencana pola dan tata tanam dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta menambah intensitas luas tanam. Suatu daerah irigasi pada umumnya mempunyai pola tanam tertentu, tetapi apabila tidak ada pola yang biasa pada daerah tersebut direkomendasikan pola tanaman padi-padi-palawija. Pemilihan pola tanam ini didasarkan pada sifat tanaman hujan dan kebutuhan air (Ditjen Pengairan, 1985).

Pada KP-03 dijelaskan, umumnya kehilangan air di jaringan irigasi dapat dibagi-bagi sebagai berikut:

- a. 12,5 – 20 % di petak tersier
- b. 5 – 10% di saluran sekunder
- c. 5 – 10 % di saluran primer

Efisiensi secara keseluruhan dihitung sebagai berikut : efisiensi jaringan tersier (e_t) x efisiensi jaringan sekunder (C_s) x efisiensi jaringan primer (e_p). Oleh karena itu kebutuhan bersih air di sawah (NFR) harus dibagi efisiensi untuk memperoleh jumlah air yang dibutuhkan pada irigasi.

F. Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi atau tidak. Ada tiga unsur pokok dalam perhitungan neraca air yaitu :

1. Kebutuhan air
2. Tersedianya air (debit andalan)
3. Neraca air

Setelah diperoleh debit andalan dan debit kebutuhan maka selanjutnya untuk memantau apakah kebutuhan air pada irigasi tercukupi atau tidak perlu dihitung *water balance* atau neraca airnya, di mana jika kebutuhan lebih besar dibanding kebutuhan artinya air pada DI. Pada period ke-n *surplus* atau memenuhi, sebaliknya kebutuhan lebih kecil dibanding kebutuhan artinya air pada daerah irigasi. Pada period ke-n *defisit* atau kurang (Vicky, 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

1. Waktu Penelitian

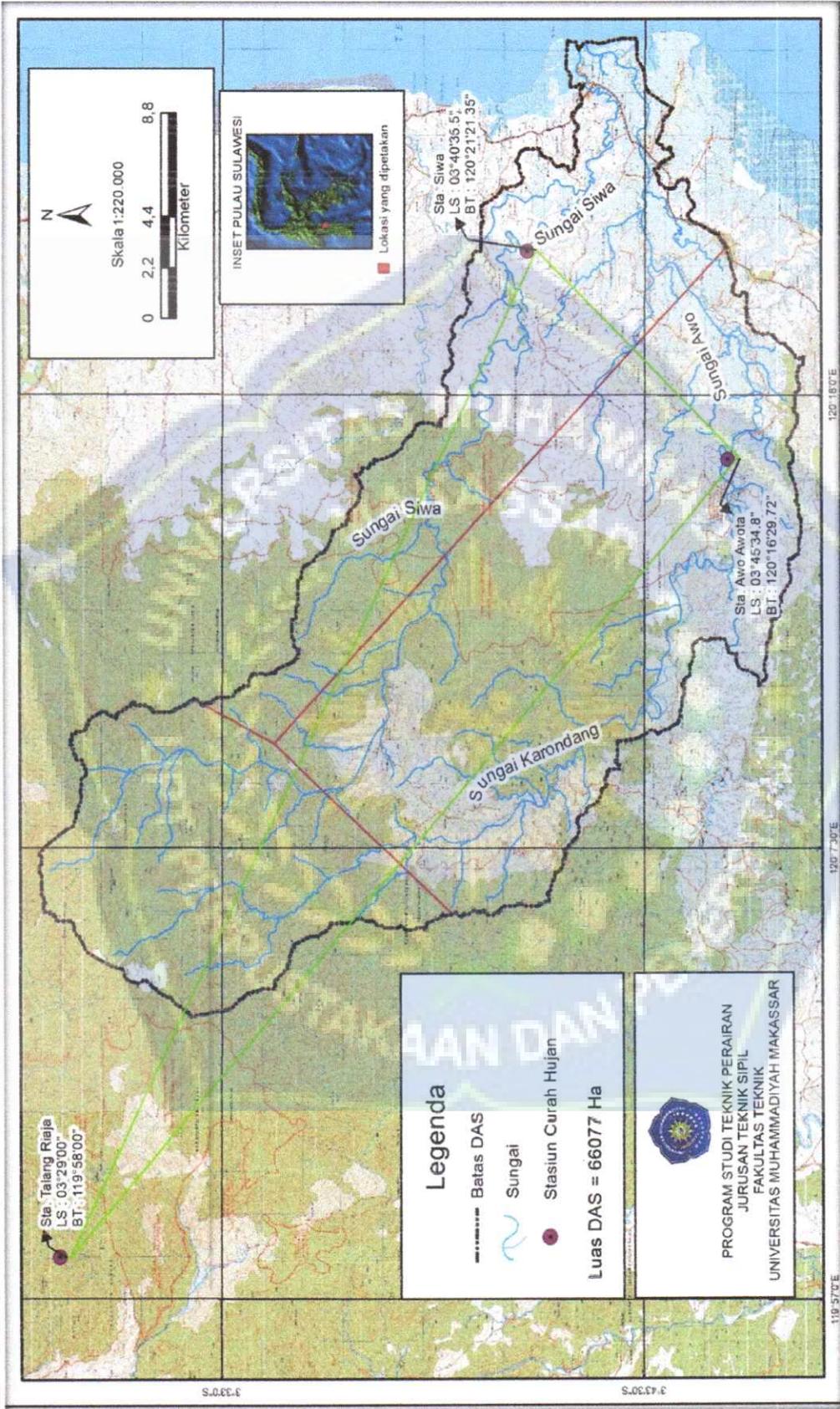
Penelitian ini dilaksanakan di daerah irigasi Awo Kab. Wajo pada bulan November – Januari tahun 2020.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Sungai Awo yang merupakan salah satu sungai di Kabupaten Wajo yang panjangnya kurang lebih 91 km, dengan daerah tangkapan (*Catchment Area*) seluas kurang lebih 240 km² yang merupakan sumber air daerah irigasi Awo. (Lihat gambar 3.1)

Sungai Awo berada pada Satuan Wilayah Sungai (SWS) 05.16 (Walanae-Cenranae). Aliran Sungai Awo berasal dari pegunungan Pacciro dan Batu Mangiang turun ke arah timur sampai ke muara Teluk Bone dengan kemiringan rata-rata 2%. Keadaan topografi daerah aliran Awo bervariasi dari curam, agak curam, landai dan datar.

Daerah irigasi Awo terletak di dua kecamatan yakni kecamatan Pitumpanua dan kecamatan Kerra Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan, sekitar 260 km kearah timur laut dari Kota Makassar dan 90 km ke arah Selatan Kota Palopo .



Gambar 3.1 : Peta DAS Sungai Awo dan Curah Hujan yang berpengaruh

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Dalam rancangan penelitian ini penulis menggunakan analisis kuantitatif karena dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif yang bergantung kepada kemampuan untuk menghitung data secara akurat. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Disamping itu peneliti akan mengacu pada teori-teori hidrologi dan daya dukung sumber daya air untuk menemukan masalah penelitian yang kemudian dianalisis.

2. Sumber Data

Adapun data-data yang didapat dan digunakan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi pada daerah irigasi Awo antara lain :

1. Data curah hujan

Data berasal dari data curah hujan yang tercatat di stasiun hujan berada dalam cakupan areal irigasi tersebut didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang.

2. Data klimatologi

Data berasal dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang berupa data lama penyinaran matahari, kelembapan udara, temperatur

udara rata-rata harian dan kecepatan angin dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2019.

3. Skema/ *Layout* jaringan irigasi didapat dari Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Selatan.

C. Variabel Penelitian

Varibel adalah “objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu penelitian” (Suharsimi Arikunto, 2010;161). Menurut Saifuddin Azwar (2005:32-33), variabel penelitian dapat berupa apapun juga yang variasinya perlu kita perhatikan agar dapat mengambil kesimpulan mengenai fenomena yang terjadi.

1. Variabel penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : curah hujan, debit rancangan , kebutuhan air daerah irigasi Awo.

2. Definisi operasional variabel

Definisi operasional variabel adalah suatu definisi mengenai variabel yang dirumuskan berdasarkan karakteristik-karakteristik variabel tersebut yang dapat diamati (Saifuddin Azwar, 2005:74). Berdasarkan variabel diatas maka gambaran mengenai definisi operasional variabel dalam penelitian ini yaitu :

- a. Curah hujan, curah hujan dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap,

tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda, seperti halnya curah hujan pada daerah irigasi awo terbilang sangat kecil.

b. Debit rancangan. untuk debit rancangan menggunakan metode F.J Mock yaitu digunakan untuk memperkirakan besarnya debit suatu daerah aliran sungai berdasarkan konsep water balance. Evapotranspirasi pada metode Mock adalah evapotranspirasi yang dipengaruhi oleh jenis vegetasi, permukaan tanah dan jumlah hari hujan.

c. Kebutuhan air

1) Kebutuhan air tanaman

- Kebutuhan bersih air disawah (NFR) dihitung.
- Kebutuhan air irigasi (IR) untuk (pa) dan palawija dihitung

2) Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya, kebutuhan pengambilan (DR) adalah jumlah kebutuhan air irigasi dibagi dengan efisiensi irigasinya.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Data sekunder

dikumpulkan dari instansi terkait adapun data yang telah dikumpulkan sebagai berikut :

1. Curah Hujan Setengah Bulanan

Ada beberapa stasiun curah hujan yang dapat digunakan dalam menghitung kebutuhan air daerah irigasi Awo pada kajian terdahulu menggunakan tiga stasiun yaitu :

- a. Stasiun Awo pada koordinat $03^{\circ}45'34.8''$ LS - $120^{\circ}16'29.72''$ BT dengan pengamatan dari tahun 2010 – 2019
- b. Stasiun Siwa pada koordinat $3^{\circ}40'35.5''$ LS - $120^{\circ}21'21.35''$ BT dengan pengamatan dari tahun 2010-2019.
- c. Stasiun Talang Riaja pada koordinat $03^{\circ}29'00''$ LS - $119^{\circ}58'00''$ BT dengan pengamatan dari tahun 2010 – 2019

2. Data Klimatologi

Pencatatan data klimatologi diperoleh dari stasiun Tanru Tedong dari tahun 2010-2019 meliputi :

- a. Data suhu udara (%)
- b. Data kelembaban relatif (%)
- c. Data kecepatan angin (km/hari)
- d. Data lama penyinaran matahari (jam/hari)

3. Skema Irigasi

Skema irigasi pada daerah irigasi Awo dapat dilihat pada (Lampiran 8).

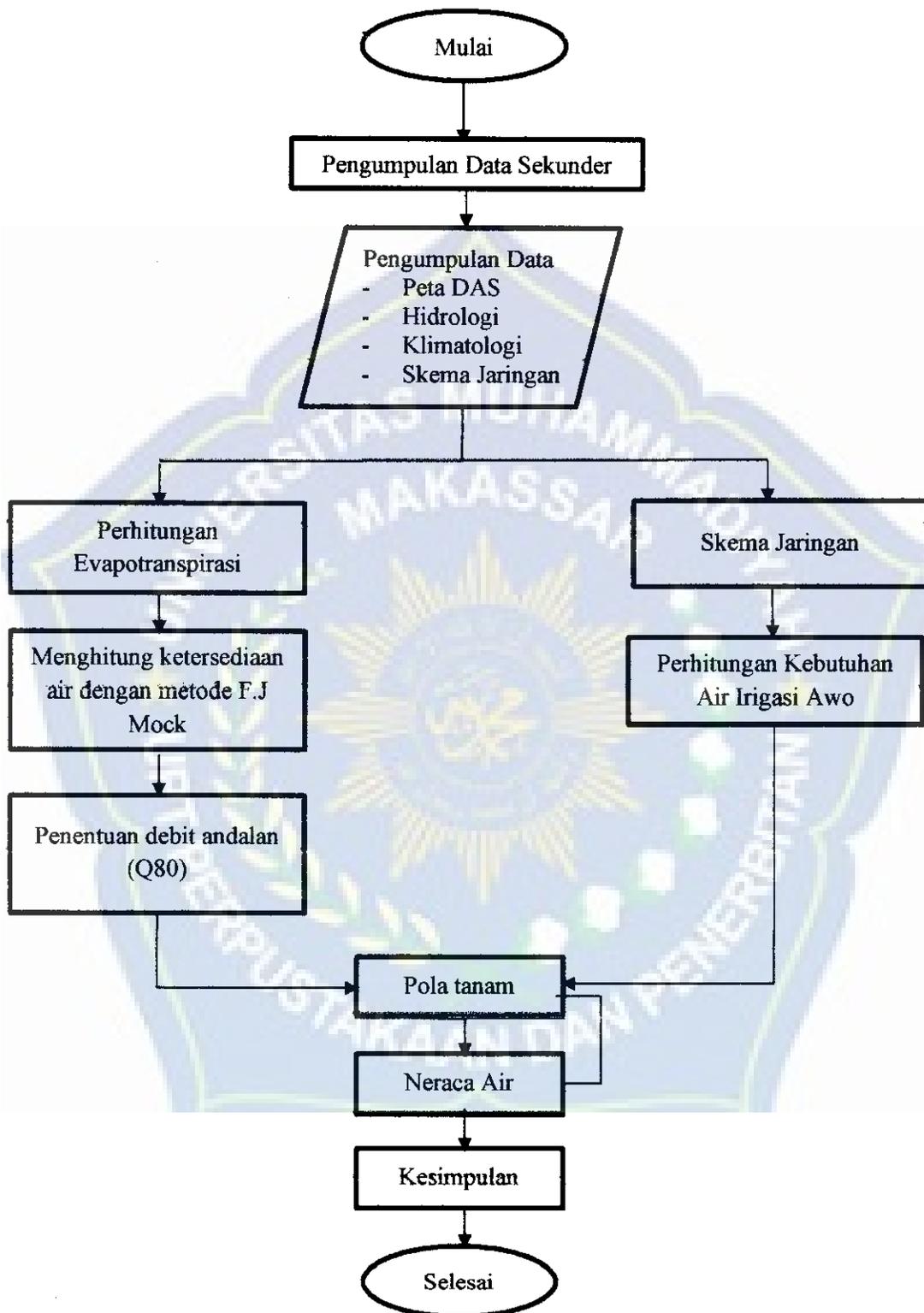
E. Teknik Analisis Data

1. Analisa ketersediaan air dengan metode F.J Mock
 - a. Perhitungan curah hujan rata-rata dengan menggunakan metode rerata aljabar, metode Poligon Thiessen dan Metode Isohyet
 - b. Perhitungan evapotranspirasi terbatas (Et)
 - c. Keseimbangan air pada permukaan tanah
 - d. Aliran dan penyimpanan air tanah (*Run Off* dan *Ground Water Storage*)
 - e. Perhitungan debit andalan
2. Kebutuhan Air
 - a. Persiapan lahan
 - b. Kebutuhan air pada tanaman
 - c. Kebutuhan air irigasi sawah
3. Keseimbangan air (*Neraca air/ Water Balance*)

F. Prosedur Penelitian

Data-data sekunder dikumpulkan kemudian data yang telah terkumpul diolah lalu hasilnya dibandingkan dengan hasil perhitungan rencana. Adapun tahap-tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada bagan alir atau gambar 3.2.

G. Bagan Alir



Gambar 3.2 Bagan Alir Analisis Debit Rancangan untuk Kebutuhan Air Daerah Irigasi Awo Kab. Wajo

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Ketersediaan Air dengan Metode *FJ. Mock*

Dasar pendekatan metode ini, mempertimbangkan faktor curah hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah dan kandungan air tanah.

1. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

a. Metode rata-rata Aljabar

Curah hujan rerata setengah bulanan metode Aljabar dapat dihitung dengan rumus 1 pada bab II Contoh perhitungan curah hujan rerata pada bulan Januari I tahun 2010

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \frac{26,07 + 0 + 12}{3} = 12,69 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.1.a dan 4.1.b di bawah ini.

Tabel 4.1.a Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode aljabar (mm)

Tahun	Bulan											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2010	12,69	6,45	6,70	9,95	16,16	23,10	9,15	4,65	16,46	11,08	18,57	21,20
2011	9,65	17,76	13,57	5,81	19,17	25,45	19,81	31,78	15,93	22,84	13,72	29,16
2012	11,02	14,20	18,05	25,27	16,81	22,08	34,47	19,64	21,62	75,48	18,47	22,00
2013	9,52	19,71	10,34	9,31	23,36	20,87	36,32	19,43	35,15	22,29	10,85	28,08
2014	32,40	4,25	9,95	22,30	12,09	33,00	14,98	28,98	27,85	47,96	49,59	41,91
2015	10,74	27,24	21,49	20,48	11,34	27,78	21,66	18,55	27,80	34,24	26,91	20,93
2016	20,56	22,68	14,30	16,09	19,81	31,57	19,12	40,56	26,52	34,44	26,54	28,44
2017	11,80	10,15	12,89	22,80	20,25	25,16	25,00	13,87	48,52	40,61	43,08	21,62
2018	34,58	4,73	33,10	20,37	26,87	14,22	13,51	88,26	16,46	35,76	48,42	37,65
2019	28,20	14,56	27,66	32,25	22,90	21,29	26,61	47,21	51,76	22,90	46,20	31,02

Sumber data : Perhitungan

Tabel 4.1.b Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode aljabar (mm)

Tahun	Bulan											
	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2010	23,56	15,98	39,69	38,45	23,21	39,04	17,76	29,36	14,25	15,42	47,48	14,65
2011	16,04	26,51	6,36	17,65	27,80	29,94	15,18	38,55	26,57	22,22	22,66	28,09
2012	59,96	23,98	6,80	25,37	5,41	25,56	12,52	35,31	10,77	8,96	15,13	21,51
2013	34,28	36,87	17,25	12,65	24,36	31,90	11,13	20,46	28,87	15,32	38,06	26,59
2014	35,08	22,11	24,46	4,65	3,31	1,96	0,23	9,94	6,13	10,76	15,72	11,58
2015	5,89	21,03	10,36	7,71	1,28	1,38	12,33	7,80	12,08	18,11	34,87	26,70
2016	22,78	18,15	45,56	7,47	14,48	22,16	21,48	14,68	13,60	36,75	14,74	8,10
2017	30,58	18,15	30,54	45,39	20,55	30,91	52,64	18,60	15,25	19,80	7,21	14,92
2018	13,77	26,49	22,42	20,48	11,04	5,31	16,21	20,15	23,57	26,92	17,80	13,44
2019	36,92	18,20	13,17	26,48	8,01	10,75	14,93	22,08	38,59	9,12	18,27	7,87

Sumber data : Perhitungan

b. Metode Poligon Thiessen

Curah hujan rerata setengah bulanan metode Poligon Thiessen dapat dihitung dengan rumus 2 pada bab II , berikut contoh perhitungan curah hujan rerata pada bulan Januari I tahun 2010.

$$R = \frac{(327,12 \times 26,07) + (185,78 \times 0) + (147,33 \times 12)}{660,23} = 15,60$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.2.a dan 4.2.b di bawah ini.

Tabel 4.2.a Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode Poligon Thiessen (mm)

TAHUN	BULAN											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2010	15,60	5,33	6,36	10,21	19,78	29,51	10,17	4,46	19,89	14,16	24,34	27,49
2011	9,89	14,32	11,51	5,46	17,92	24,94	17,53	26,46	15,72	20,91	14,85	27,65
2012	9,74	11,07	15,61	21,05	14,72	19,17	30,93	18,07	19,82	65,19	16,63	22,45
2013	7,37	16,62	8,54	6,96	19,39	16,62	30,64	17,56	30,41	18,93	9,03	24,87
2014	26,81	4,13	9,07	18,93	11,24	28,63	14,01	25,59	27,88	44,33	48,68	39,89
2015	8,89	22,09	17,48	17,36	9,22	23,87	17,76	15,27	26,60	30,33	22,53	17,78
2016	18,05	18,67	12,33	14,52	17,32	27,02	17,18	37,55	24,05	30,37	23,71	27,07
2017	11,21	9,68	12,20	21,06	18,11	22,37	21,61	12,16	42,03	35,44	40,50	20,64
2018	32,17	6,49	34,58	22,50	27,04	12,50	13,61	79,84	16,15	37,20	62,90	36,34
2019	25,37	14,72	25,83	30,36	23,65	23,03	27,08	43,46	50,72	26,05	48,71	31,92

Tabel 4.2.b Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode Poligon Thiessen (mm)

TAHUN	BULAN											
	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	31,37	21,62	44,65	38,63	24,85	43,28	19,11	28,21	14,04	16,31	41,63	11,88
2011	15,30	27,79	5,56	16,02	28,37	28,25	13,60	33,92	23,77	20,29	21,10	24,23
2012	51,47	20,16	7,07	22,27	5,00	23,08	11,44	30,97	8,98	10,40	13,45	18,89
2013	30,54	30,86	14,93	10,74	20,18	29,22	9,44	16,49	24,68	16,94	33,52	24,00
2014	34,52	20,62	25,23	4,89	2,76	1,79	0,34	8,56	4,64	9,08	12,78	9,57
2015	5,12	18,63	8,78	5,64	1,20	1,41	14,26	11,10	14,59	20,05	33,60	26,46
2016	19,09	17,53	40,99	7,86	13,12	19,95	19,72	13,78	12,46	32,62	12,98	8,28
2017	27,91	18,13	27,33	39,94	19,37	27,44	46,24	17,10	14,18	17,41	6,66	12,55
2018	13,51	24,66	21,79	18,79	10,04	5,46	14,48	17,90	20,22	23,50	15,52	12,82
2019	36,44	21,80	18,28	28,08	11,47	12,99	16,21	21,42	34,34	9,50	16,38	8,32

c. Metode Isohyet

Curah hujan rerata setengah bulanan Isohyet dapat dihitung dengan rumus 3 pada bab II, berikut contoh perhitungan curah hujan rerata pada bulan Januari I tahun 2010.

$$R = \frac{\frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 10,77 + \frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 284,73 + \frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 220,45}{660,71}$$

$$\frac{\frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 1,18 + \frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 0,36 + \frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 1,2}{660,71}$$

$$\frac{\frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 60,42 + \frac{(26,07 + 0 + 12)}{2} \times 81,6}{660,71} = 9,52$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.3.a dan 4.3.b di bawah ini.

Tabel 4.3.a Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode Ihsoyet (mm)

TAHUN	BULAN											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2010	9,52	4,83	5,02	7,46	12,12	17,32	6,86	3,49	12,34	8,31	13,93	15,90
2011	7,23	13,32	10,18	4,36	14,38	19,09	14,86	23,84	11,95	17,13	10,29	21,87
2012	8,27	10,65	13,54	18,96	12,61	16,56	25,85	14,73	16,21	56,61	13,86	16,50
2013	7,14	14,78	7,76	6,98	17,52	15,65	27,24	14,57	26,36	16,72	8,14	21,06
2014	24,30	3,19	7,46	16,73	9,07	24,75	11,23	21,73	20,89	35,97	37,19	31,43
2015	8,05	20,43	16,12	15,36	8,51	20,84	16,24	13,91	20,85	25,68	20,19	15,69
2016	15,42	17,01	10,72	12,06	14,86	23,68	14,34	30,42	19,89	25,83	19,90	21,33
2017	8,85	7,61	9,67	17,10	15,19	18,87	18,75	10,40	36,39	30,46	32,31	16,21
2018	25,93	3,55	24,82	15,28	20,15	10,67	10,13	66,20	12,34	26,82	36,31	28,24
2019	21,15	10,92	20,75	24,19	17,18	15,97	19,96	35,41	38,82	17,18	34,65	23,27

Tabel 4.3.b Curah hujan rata-rata setengah bulanan metode Ihsoyet (mm)

TAHUN	BULAN											
	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2010	17,67	11,98	29,77	28,83	17,41	29,28	13,32	22,02	10,68	11,57	35,61	10,98
2011	12,03	19,89	4,77	13,24	20,85	22,45	11,38	28,91	19,92	16,67	17,00	21,07
2012	44,97	17,99	5,10	19,03	4,06	19,17	9,39	26,48	8,07	6,72	11,35	16,13
2013	25,71	27,65	12,94	9,49	18,27	23,92	8,34	15,35	21,65	11,49	28,54	19,94
2014	26,31	16,58	18,34	3,49	2,48	1,47	0,17	7,45	4,60	8,07	11,79	8,69
2015	4,42	15,77	7,77	5,78	0,96	1,04	9,25	5,85	9,06	13,58	26,15	20,02
2016	17,08	13,61	34,17	5,61	10,86	16,62	16,11	11,01	10,20	27,56	11,05	6,08
2017	22,94	13,62	22,91	34,04	15,41	23,18	39,48	13,95	11,44	14,85	5,41	11,19
2018	10,33	19,87	16,82	15,36	8,28	3,98	12,16	15,11	17,68	20,19	13,35	10,08
2019	27,69	13,65	9,87	19,86	6,00	8,06	11,20	16,56	28,94	6,84	13,70	5,90

2. Perhitungan Evapotranspirasi Terbatas (Et)

Evapotranspirasi terbatas (Et) dihitung dengan rumus 4 pada Bab II yaitu:

$$E_a = E_{To} - \Delta E \text{ dan } E_a = E_t$$

$$E_{to} = C \cdot ET^*$$

Pada rumus 2.5, ET^* dihitung dengan rumus berikut :

$$ET^* = w (0,75 R_s - R_{n1}) + (1-w) f(U) (\epsilon \gamma - \epsilon d)$$

Berikut contoh perhitungan E_{10} pada bulan januari I dengan melihat Lampiran diperoleh nilai $w = 0.784$ mbrar, $\epsilon\gamma = 39.535$ dan $f(t) = 16.451$ selanjutnya menghitung nilai R_s .

$$R_s = (0,25 + 0,54 \frac{n}{N}) R_\gamma$$

Berdasarkan lampiran dengan posisi lintang $3^\circ LS$ diperoleh nilai

$$R_\gamma = 15.4 \text{ mm/hr.}$$

$$R_s = \left(0,25 + 0,54 \frac{5,573}{100}\right) 15.4 = 4,314 \text{ mm/hari.}$$

$$R_{n1} = f(t) \cdot f(\epsilon d) \cdot f\left(\frac{n}{N}\right)$$

$$f(t) = 16,451;$$

$$f(\epsilon d) = 39,535 - 32,539 \sqrt{\epsilon d} \text{ dimana } \epsilon d = \epsilon\gamma * RH ;$$

$$\epsilon d = 39,535 \times 0,824 = 32,539 \text{ mbar ;}$$

$$f(\epsilon d) = 0.34 - 0.44 \sqrt{32,539} = 0.089 \text{ mbar ;}$$

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0.1 - 0.9 \frac{n}{N} = 0.1 - 0.9 \frac{5,573}{100} = 0.15 ;$$

$$\text{jadi, } R_{n1} = 16,451 \times 0.089 \times 0.15 = 0,219 \text{ mm/hari ;}$$

$$f(U) = 0,27 * (1 + 0,864 U)$$

$$= 0,27 * (1 + 0,864 \times 7,716)$$

$$= 2,070 \text{ m/detik}$$

$$E_{10} = C \cdot w (0,75 R_s - R_{n1}) + (1-w) f(U) (\epsilon\gamma - \epsilon d)$$

Berdasarkan lampiran diperoleh nilai $C = 1.1$ pada bulan januari.

$$\text{Jadi, } E_{10} = 1.1 \times 0.784 (0,75 \times 4,314 - 0,219) + (1 - 0.784) 2,070$$

(39,535 – 32,539)

ETo = 6,019 mm/hari

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.4.a dan 4.4.b



Tabel 4.4.b Perhitungan evaporasi potensial (ET0) metode Penman modifikasi

NO.	URAIAN	SATUAN	BULAN											
			Jul I	Jul II	Agt I	Agt II	Sep I	Sep II	Okt I	Okt II	Nov I	Nov II	Des I	Des II
I DATA														
1	Temperatur (t)	C	27.524	27.488	27.828	28.687	29.660	30.555	31.013	31.046	30.638	30.328	29.526	28.598
2	Kecepatan Angin (U)	m/detik	5.321	5.354	4.323	8.591	8.528	6.736	3.837	6.982	6.551	4.572	4.669	6.807
3	Kelembaban Udara (RH)	%	84.258	84.573	82.985	81.466	79.169	78.823	78.008	77.963	77.268	75.943	78.085	80.401
4	Penyinaran Matahari (n/N)	%	5.820	6.124	6.991	7.314	8.442	7.384	7.698	7.742	7.224	7.263	6.385	5.842
II ANALISA DATA														
1	e_y	mbar	36.801	36.725	37.438	39.380	41.618	43.843	45.000	45.000	44.059	43.253	41.311	39.176
2	w		0.775	0.775	0.778	0.783	0.788	0.796	0.800	0.800	0.796	0.793	0.788	0.790
3	$(1-w)$		0.225	0.225	0.222	0.217	0.212	0.204	0.200	0.200	0.204	0.207	0.212	0.210
4	f(t)		16.205	16.198	16.266	16.437	16.832	16.839	16.950	16.950	16.859	16.782	16.605	16.420
5	$e_d = e_y \cdot RH$	mbar	31.008	31.059	31.068	32.081	32.948	34.559	35.104	35.084	34.043	32.848	32.257	31.498
6	$(e_y - e_d)$	mbar	5.793	5.666	6.370	7.299	8.670	9.284	9.896	9.916	10.016	10.405	9.053	7.678
7	Ry	mm/hari	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402	15.402
8	$R_s = (0,25 + (0,54 \times n/N)) \times R_y$	mm/hari	4.335	4.360	4.432	4.459	4.553	4.465	4.491	4.494	4.451	4.455	4.382	4.336
9	$f(ed) = 0,34 - 0,44 \sqrt{ed}$	mbar	0.095	0.095	0.095	0.091	0.087	0.081	0.079	0.079	0.083	0.088	0.090	0.093
10	$f(n/N) = 0,1 + (0,9 \times (n/N))$		0.152	0.155	0.163	0.166	0.176	0.166	0.169	0.170	0.165	0.165	0.157	0.153
11	$f(u) = 0,27 \times (1 + (0,864 \times U))$	m/detik	1.511	1.519	1.278	2.274	2.259	1.841	1.165	1.899	1.798	1.337	1.359	1.858
12	$R_{n1} = f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$	mm/hari	0.235	0.238	0.251	0.247	0.259	0.228	0.228	0.228	0.232	0.244	0.236	0.233
13	$R_n = (0,75 \times R_s) - R_{n1}$	mm/hari	3.016	3.032	3.073	3.097	3.156	3.121	3.141	3.143	3.107	3.097	3.051	3.019
14	Koefisien Bulanan Penman (C)		0.900	0.900	1.000	1.000	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
15	Evaporasi Potensial Penman (E _{t0}) $E_{t0} = C \times ((w \times R_n) + (1-w) \times f(u) \times (e_y - e_d))$	mm/hari	3.876	3.858	4.197	6.020	7.298	6.576	5.300	6.908	6.756	5.865	5.517	5.919

Setelah diperoleh besar Evaporasi Potensial (ET_o) kemudian menghitung nilai Evapotranspirasi Terbatas (E_t) pada bulan Januari I di tahun 2010 dengan rumus 5 pada Bab II yaitu:

$$E_a = ET_o - \Delta E \text{ dan } E_a = E_t$$

Dengan :

$$\begin{aligned} \Delta E &= ET_o \times (m/20) \times (18 - n) \\ &= 6,019 \times (20/20) \times (18 - 3) \\ &= 0,903 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Jadi, $E_t = 6,019 - 0,903 = 5,116$ Untuk Perhitungan periode berikutnya dapat dilihat pada lampiran.

3. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

Nilai D_s pada bulan Januari I diperoleh dengan rumus 8 pada Bab II yaitu:

$$\begin{aligned} D_s &= P - E_t \\ &= 13,00 - 5,116 = 7,575 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Menghitung kelebihan air tanah (*Water Surplus*)

$$\begin{aligned} WS &= 7,575 - 0 \text{ (dianggap 0 karena pada musim kemarau tidak ada} \\ &\text{air)} \\ &= 7,575 \text{ mm/ hari} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan periode berikutnya dapat dilihat pada lampiran

4. Aliran dan Penyimpanan Air Tanah (*Run Off & Groundwater Storage*)

a. Infiltrasi (I) = WS x i

$$= 7,575 \times 0.20 \text{ (diasumsikan)}$$

$$= 1,515 \text{ mm/hari}$$

Volume penyimpanan (V_n) berdasarkan rumus 9 pada Bab II yaitu :

$$V_{(n)} = k \cdot V_{(n-1)} + 0.5 \cdot (1 - k) \cdot I_{(n)}$$

$$= (0.3 \times 20) + (0.5 \times (1 + 0.3) \times 3,030)$$

$$= 15,985 \text{ mm/hari}$$

Perubahan volume aliran air tanah (DV_n) berdasarkan rumus 10 pada Bab II yaitu:

$$DV_{(n)} = V_{(n)} - V_{(n-1)}$$

$$= 15,985 - 20 \text{ mm}$$

= -4,015 mm/hr karena kurang dari 0 jadi Perubahan volume aliran air

tanah (DV_n) dianggap 0.

b. Limpasan (*Run Off*)

Aliran dasar = Infiltrasi – perubahan volume air dalam tanah

$$= 1,515 - 0$$

$$= 1,515 \text{ mm/hari}$$

Limpasan Langsung = Kelebihan Air (*Water Surplus*) – Infiltrasi

$$= 7,575 - 1,515.$$

$$= 6,06 \text{ mm/hari}$$

Limpasan/Aliran (R) = Aliran dasar + limpasan langsung

$$= 1,515 + 6,06$$

$$= 7,575 \text{ mm/hari}$$

c. Debit Aliran sungai

Berdasarkan rumus 11 pada bab II yaitu :

$$\text{Debit Aliran Sungai} = \text{Luas } \textit{Catchment Area} \times \text{Aliran (R)}$$

$$= 24,00 \text{ m}^2 \times 7,575$$

$$\text{Debit Aliran Sungai} = 168 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,701 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (1 hari = 86400 detik)}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran dan hasil hitungan debit aliran sungai yang tersedia disatukan dalam tabel 4.5 di mana terdapat debit aliran sungai dari tahun 2010 sampai dengan 2019.

Tabel 4.5 Rekap hitungan debit aliran Sungai Awo dari tahun 2010-2019

No.	Tahun	Bulan (m/dtk)											
		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	2010	0.701	0.162	0.249	0.499	1.074	1.647	0.425	0.001	1.370	0.649	1.380	1.662
2	2011	0.408	1.200	0.866	0.128	1.357	1.891	1.416	2.550	1.329	1.766	0.945	2.388
3	2012	0.523	0.859	1.279	1.910	1.144	1.553	2.760	1.427	1.861	6.647	1.394	1.728
4	2013	0.385	1.375	0.576	0.429	1.729	1.443	2.909	1.369	3.105	1.716	0.675	2.285
5	2014	2.508	0.000	0.526	1.638	0.696	2.548	0.950	2.264	2.439	4.109	4.282	3.575
6	2015	0.520	2.068	1.600	1.464	0.627	2.072	1.606	1.334	2.434	2.836	2.179	1.638
7	2016	1.417	1.648	0.935	1.053	1.405	2.446	1.355	3.361	2.308	2.817	2.126	2.326
8	2017	0.614	0.504	0.808	1.684	1.444	1.824	1.883	0.873	4.342	3.394	3.667	1.708
9	2018	2.698	0.001	2.674	1.462	2.057	0.836	0.832	7.779	1.381	2.963	4.151	3.183
10	2019	2.095	0.880	2.171	2.564	1.713	1.469	2.041	3.983	4.653	1.765	3.970	2.563
No.	Tahun	Bulan (m/dtk)											
		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	2010	1.877	1.176	3.337	3.075	1.532	3.071	1.198	2.126	0.719	0.919	3.923	0.892
2	2011	1.172	2.155	0.234	1.112	1.950	2.238	0.967	3.020	1.920	1.560	1.627	2.098
3	2012	5.244	1.896	0.294	1.825	0.000	1.816	0.734	2.698	0.469	0.355	0.958	1.497
4	2013	2.861	3.111	1.261	0.659	1.629	2.422	0.579	1.338	2.150	0.943	3.062	1.985
5	2014	2.949	1.744	1.911	0.000	0.000	0.000	0.000	0.372	0.050	0.542	1.011	0.581
6	2015	0.215	1.640	0.607	0.214	0.000	0.000	0.718	0.191	0.604	1.228	2.794	1.990
7	2016	1.780	1.355	3.867	0.172	0.735	1.490	1.553	0.817	0.702	2.903	0.895	0.286
8	2017	2.513	1.359	2.473	3.692	1.254	2.286	4.436	1.148	0.868	1.365	0.224	0.899
9	2018	0.976	2.138	1.734	1.370	0.390	0.000	1.069	1.314	1.651	2.027	1.198	0.768
10	2019	3.110	1.366	0.886	1.941	0.115	0.454	0.939	1.490	3.044	0.379	1.264	0.236

Sumber data : Perhitungan

5. Debit Andalan

Untuk menentukan debit andalan data diurutkan dari terbesar sampai terkecil lalu dihitung persentasi keandalannya dengan rumus: m/n . Sebelum penentuan debit andalan, terlebih dahulu mencari nilai probabilitas (%), sebagai contoh tabel 4.4.

$$P \% = \frac{m2}{n2+1} \times 100 \%$$

$$P \% = \frac{1}{9+1} \times 100 \%$$

$$P \% = 10$$

a. Perhitungan debit andalan dengan data curah hujan setengah bulanan

Tabel 4.6 Penentuan Debit Andalan dengan data curah hujan

m (urutan)	P ((m/n+1)*100)	Bulan (m ³ /dtk)											
		Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	10,000	4,436	3,020	2,150	2,903	3,923	2,098	2,698	2,068	2,674	2,564	2,057	2,548
2	20,000	1,553	2,698	1,920	2,027	3,062	1,990	2,508	1,648	2,171	1,910	1,729	2,446
3	30,000	1,198	2,126	1,651	1,560	2,794	1,985	2,095	1,375	1,600	1,684	1,713	2,072
4	40,000	1,069	1,338	0,868	1,365	1,627	1,497	1,417	1,200	1,279	1,638	1,444	1,891
5	50,000	0,967	1,314	0,719	1,228	1,198	0,899	0,614	0,880	0,935	1,464	1,405	1,824
6	60,000	0,734	1,148	0,702	0,943	1,011	0,892	0,523	0,859	0,866	1,462	1,357	1,553
7	70,000	0,718	0,817	0,604	0,919	0,958	0,768	0,520	0,504	0,808	1,053	1,144	1,469
8	80,000	0,579	0,372	0,469	0,542	0,895	0,581	0,408	0,001	0,576	0,429	0,696	1,443
9	90,000	0,000	0,191	0,050	0,355	0,224	0,286	0,385	0,000	0,526	0,128	0,627	0,836

m (urutan)	P ((m/n+1)*100)	Bulan (m ³ /dtk)											
		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	10,000	2,909	7,779	4,653	6,647	4,282	3,575	5,244	3,111	3,867	3,692	1,950	2,422
2	20,000	2,760	3,983	4,342	4,109	4,151	3,183	3,110	2,155	2,473	1,941	1,629	2,286
3	30,000	2,041	3,361	3,105	3,394	3,970	2,563	2,949	2,138	1,911	1,825	1,254	2,238
4	40,000	1,883	2,550	2,439	2,963	3,667	2,388	2,861	1,896	1,734	1,370	0,735	1,816
5	50,000	1,606	2,264	2,434	2,836	2,179	2,326	2,513	1,744	1,261	1,112	0,390	1,490
6	60,000	1,416	1,427	2,308	2,817	2,126	2,285	1,780	1,640	0,886	0,659	0,115	0,454
7	70,000	1,355	1,369	1,861	1,766	1,394	1,728	1,172	1,366	0,607	0,214	0,000	0,000
8	80,000	0,950	1,334	1,381	1,765	0,945	1,708	0,976	1,359	0,294	0,172	0,000	0,000
9	90,000	0,832	0,873	1,329	1,716	0,675	1,638	0,215	1,355	0,234	0,000	0,000	0,000

Pada tabel diatas dapat kita lihat hasil penentuan debit andalan, contoh pada Oktober I dimana debit 80% = 0.58 m³/dtk.

untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80 %. Agar mendapatkan perhitungan debit andalan yang baik, untuk itu diperlukan data pencatatan debit dengan jangka waktu panjang.

Tabel 4.7 Debit andalan (Q80) dalam satuan m³/dtk

	Bulan											
	Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Q80	0.579	0.372	0.469	0.542	0.895	0.581	0.408	0.001	0.576	0.429	0.696	1.443
	Bulan											
	April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Q80	0.950	1.334	1.381	1.765	0.945	1.708	0.98	1.359	0.294	0.172	0.000	0.000

Sumber data : Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dilihat Q80 rata-rata = (0,579 + 0,372 + 0,469 + 0,542 + 0,895 + 0,581 + 0,408 + 0,001 + 0,576 + 0,429 + 0,696 + 1,443 + 0,950 + 1,334 + 1,381 + 1,765 + 0,945 + 1,708 + 0,98 + 1,359 + 0,294 + 0,172 + 0,00 + 0,00) / 24 = 0,745 m³/dtk

b. Perhitungan debit andalan dengan data Pos Duga Air (PDA)

Tabel 4.8 Penentuan debit andalan dengan data PDA

m (urutan)	P ((m/n+1)*100)	Bulan (m ³ /dtk)											
		Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	10,00	38,81	27,53	17,70	24,07	35,19	16,55	16,08	15,94	22,15	21,71	16,69	21,77
2	20,00	10,03	24,21	15,28	15,65	26,69	15,64	14,41	11,76	17,12	15,10	13,46	20,97
3	30,00	6,33	18,39	12,65	10,66	24,24	15,64	9,76	9,04	11,41	12,87	13,38	17,06
4	40,00	5,23	10,69	4,73	8,99	12,24	10,60	3,63	7,37	8,18	12,41	10,56	15,50
5	50,00	4,12	10,46	2,99	7,82	8,15	4,82	0,00	3,92	4,77	10,68	10,18	14,54
6	60,00	1,96	8,70	2,83	4,70	6,32	4,73	0,00	3,84	4,07	10,63	9,80	11,94
7	70,00	1,82	5,55	2,30	4,14	5,81	3,47	0,00	0,49	3,53	6,47	7,73	11,02
8	80,00	0,08	1,07	0,87	0,91	4,94	1,47	0,00	0,00	1,27	0,26	3,15	10,85
9	90,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	2,46	4,85

m (urutan)	P ((m/n+1)*100)	Bulan (m ³ /dtk)											
		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September	
		Jul I	Jul II	Agt I	Agt II	Sep I	Sep II	Okt I	Okt II	Nov I	Nov II	Des I	Des II
1	10,00	26,50	73,59	42,54	63,08	39,16	32,66	48,18	27,64	33,15	34,11	15,76	19,06
2	20,00	25,13	35,67	39,11	37,81	37,60	28,77	26,82	18,10	19,15	16,60	12,54	17,26
3	30,00	17,99	29,39	26,81	30,31	36,05	22,51	25,34	17,75	13,55	15,37	8,65	17,20
4	40,00	16,36	21,29	20,42	26,17	32,87	20,74	24,28	15,22	11,97	10,81	3,72	12,82
5	50,00	13,77	18,15	20,37	25,06	18,09	20,15	20,72	13,95	7,34	8,25	0,10	9,44
6	60,00	11,76	10,08	18,87	24,49	17,34	19,67	13,24	12,87	3,63	3,77	0,00	0,00
7	70,00	11,18	9,23	14,59	14,21	10,19	14,16	7,37	9,99	0,53	0,00	0,00	0,00
8	80,00	7,01	9,09	9,74	14,13	5,61	14,13	5,61	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00
9	90,00	5,93	4,32	9,13	13,72	2,84	13,35	0,00	9,82	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4.9 Debit andalan (Q80) dalam satuan m³/dtk

	Bulan											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Q80	0,08	1,07	0,87	0,91	4,94	1,47	0,00	0,00	1,27	0,26	3,15	10,85
	Bulan											
	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Q80	7,01	9,09	9,74	14,13	5,61	14,13	5,61	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00

B. Kebutuhan Air

1. Persiapan Lahan

Musim Tanam I dimulai pada Oktober I jadi dihitung

$$E_o = E_{To} = 5,30 \times 1,1 = 5,83$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$M = E_o + P = 5,83 + 2 = 7,83$$

Pada penelitian ini digunakan persiapan lahan selama 30 hari jadi jumlah kebutuhan air yang digunakan adalah 250 mm. Untuk perhitungan persiapan lahan musim tanam selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

2. Kebutuhan Air Pada Tanaman

Contoh Perhitungan pada Musim Tanam I pada periode Oktober II

$$NFR = E_t + P - R_e + WLR$$

Dengan :

$$Et = ETo \times c \text{ koef. rata-rata tanaman}$$

$$Et = 6,91 \times 1,1 = 7,60. \text{ (menggunakan FAO Varietas Unggul)}$$

$$Et + P = 7,60 + 2 = 9,60 \text{ karena pengolahan lahan pada bulan Oktober}$$

II masih setengah luasan jadi $9,60 \text{ dibagi } 2 = 4,80$ (dapat dilihat di perhitungan kebutuhan air pada lampiran).

$$\begin{aligned} NFR &= 4,80 - Re + WLR \\ &= 4,80 - 1,01 + 7,76 \\ &= 11,55 \text{ mm/hari.} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kebutuhan air pada periode lain dapat dilihat pada lampiran dan untuk hasil hitungan kebutuhan air di sawah per ha (NFR) dapat dilihat pada tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Kebutuhan air di sawah per ha daerah irigasi Awo (mm/hari)

	Bulan											
	Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
NFR	11.98	11.55	10.21	9.11	7.54	7.11	4.01	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
	Bulan											
	April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
NFR	11.24	4.06	4.04	6.94	6.50	4.39	2.78	-0.01	0.00	0.00	0.00	6.01

Sumber data : Perhitungan

Untuk kebutuhan air di sawah untuk mengairi seluruh daerah irigasi Awo seluas 3.350 ha atau 33500000 m² dapat dihitung seperti pada hitungan kebutuhan air di sawah pada Februari I = NFR x Luas Daerah Irigasi.

Kebutuhan air di sawah pada periode Februari I = 3,530 mm/hari x 353000000 m², dimana 1mm = 1x 10⁻³m, dan 1 hari = 86400 dtk (24x60x60)

jadi, Kebutuhan air di sawah seluas 3.350 ha di periode Oktober II :

$$= 3,530 \times 10^{-3} \text{m} / 86400 \text{ dtk} \times 11 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$= 4,478 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk kebutuhan air di sawah pada daerah irigasi Awo pada periode lainnya dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Kebutuhan air di sawah pada daerah irigasi Awo (m³/dtk)

	Bulan											
	Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Kebutuhan air di sawah pada DI Awo	4.647	4.478	3.959	3.534	2.925	2.757	1.556	0.131	0.000	0.000	0.000	2.104
	Bulan											
	April		Mei		Juni		Juli		Agustus		November	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Kebutuhan air di sawah pada DI Awo	4.360	1.573	1.565	2.691	2.519	1.704	1.078	0.000	0.000	0.000	0.000	2.329

Sumber data : Perhitungan

3. Kebutuhan air irigasi sawah

Dalam perhitunagn kebutuhan air irigasi pertahun diusulkan menggunakan kebutuhan air di sawah tertinggi dibagi dengan efisiensi irigasi (0,8x0,9x0,9) :

$$\text{Yaitu} = \frac{4,647}{0,648} = 7,17 \text{ m}^3/\text{dtk},$$

Untuk perhitungan periode lain dapat dilihat pada Tabel 4.12, adapun kebutuhan air di saluran tersier yang diasumsikan kehilangan air sebesar 20% sehingga efisiensi = 0,80 jadi kebutuhan air di saluran tersier :

$$\text{Yaitu} = \frac{7,17}{0,8} = 8,962 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Selanjutnya kebutuhan air di saluran sekunder yang diasumsikan kehilangan air sebesar 10% sehingga efisiensi = 0,90 jadi kebutuhan air di saluran tersier :

$$\text{Yaitu} = \frac{7,17}{(0,9 \times 0,8)} = 9,958 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Tabel 4.12 Kebutuhan air irigasi pada daerah irigasi Awo (m³/dtk)

	Bulan											
	Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Kebutuhan air di sawah pada DI Awo	7.17	6.91	6.11	5.45	4.51	4.25	2.40	0.20	0.00	0.00	0.00	3.25
	Bulan											
	April		Mei		Juni		Juli		Agustus		November	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Kebutuhan air di sawah pada DI Awo	6.73	2.43	2.42	4.15	3.89	2.63	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	3.59

Sumber data : Perhitungan

C. Keseimbangan Air (Neraca Air/Water balance)

Neraca air irigasi dilakukan dengan membandingkan antara kebutuhan air irigasi untuk 3350 ha lahan sawah di daerah irigasi Awo, sebagai contoh hasil perhitungan Perhitungan neraca air pada bulan Oktober I, dimana diketahui $Q_{80} = 0,579 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan kebutuhan air = $4,647 \text{ m}^3/\text{dtk}$, Neraca Air = $0,579 - 4,647 = -4,07$ yang artinya ketersediaan air tidak

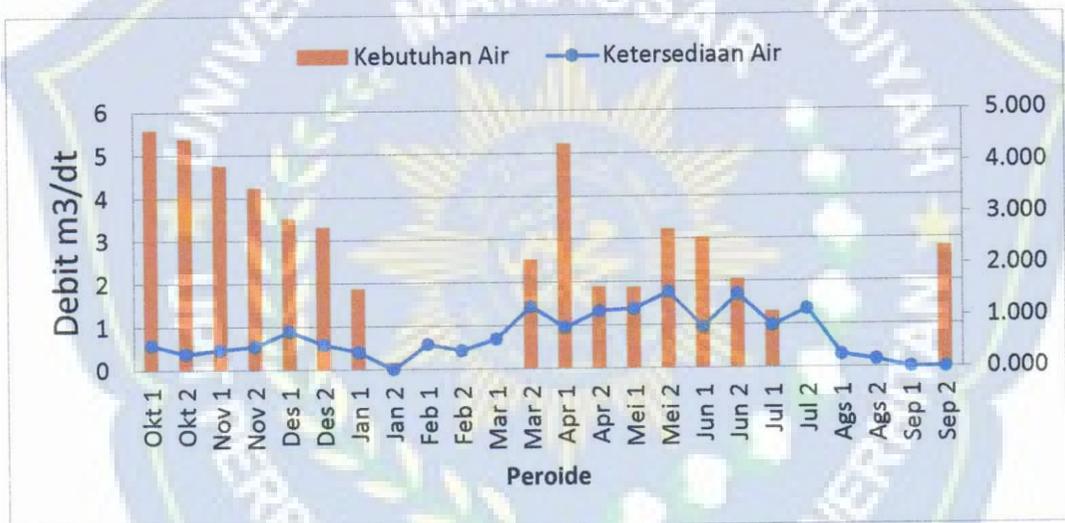
memenuhi kebutuhan air. Untuk perhitungan hasil perhitungan neraca air periode berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan neraca air (m³/dtk)

No.	Uraian	Bulan (m ³ /dt)											
		Oktober		November		Desember		Januari		Februari		Maret	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	Ketersediaan air	0.579	0.372	0.469	0.542	0.895	0.581	0.408	0.001	0.576	0.429	0.696	1.443
2	Kebutuhan Air Irigasi	4.647	4.478	3.959	3.534	2.925	2.757	1.556	0.131	0.000	0.000	0.000	2.104
3	Neraca Air (NA) Status NA	-4.07	-4.106	-3.49	-2.99	-2.030	-2.18	-1.1	-0.13	0.6	0.43	0.70	-0.66
		D	D	D	D	D	D	D	D	S	S	S	D

No.	Uraian	Bulan (m ³ /dt)											
		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	Ketersediaan air	0.950	1.334	1.381	1.77	0.95	1.71	0.98	1.359	0.294	0.172	0.000	0.000
2	Kebutuhan Air Irigasi	4.360	1.573	1.57	2.691	2.519	1.70	1.08	0.00	0.00	0.000	0.00	2.329
3	Neraca Air (NA) Status NA	-3.41	-0.239	-0.18	-0.93	-1.57	0.00	-0.10	1.36	0.29	0.17	0.00	-2.33
		D	D	D	D	D	S	D	S	S	S	S	D

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.1 grafik neraca air

Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan antara debit tersedia dengan besarnya kebutuhan air irigasi pada daerah irigasi Awo. Debit tersedia dapat diketahui pada musim kemarau dimana air yang tersedia dibendung lebih kecil dari pada kebutuhan sedangkan curah hujan sangat kecil, dapat dilihat gambar diatas terjadi kekurangan air pada banyak periode yang tidak memenuhi atau ketersediaan air yang telah disimulasikan tidak dapat

memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi Awo yaitu 4,07 m³/dt pada periode Oktober I dan yang tertinggi pada oktober II yaitu 4,10. Defisit air terjadi karena pada periode tersebut dilakukan pengolahan tanah sehingga kebutuhan irigasi cenderung tinggi.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan air irigasi yang diperlukan untuk pengolahan tanah, pada pelaksanaan operasi setiap musim tanam gadu Oktober-Maret pemerintah setempat mengadakan percontohan pola SRI (*System Of Rice Intensification*) atau pola padi hemat air dengan harapan mengajak petani menggunakan air secara efisien.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air tidak terpenuhi, nilai debit andalan yang nilainya lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan air pada daerah irigasi Awo.
2. Penentuan pola tanam Padi-Palawija-Padi-Palawija. musim tanam I dimulai pada Oktober II dan musim tanam II dimulai pada April II. Sehingga, banyak periode yang tidak memenuhi atau ketersediaan air yang telah disimulasikan tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi Awo.

B. Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan pola tanam padi-padi/palawija artinya apabila Awo II + III Golongan I tanam palawija, maka Awo I Golongan II tanam padi secara bergantian.
2. Metode ini sebaiknya digunakan pada daerah irigasi yang tidak memiliki pos duga air (PDA).
3. disarankan untuk melakukan suplesi pengambilan air pada bendung/ daerah irigasi terdekat agar ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi Awo.

4. Perlu dilakukan studi dan survey lebih lanjut dari aspek topografi, geologi dan hidrologi untuk mengatasi penyediaan air pada daerah defisit.
5. Untuk mengatasi defisit air ini perlu bagi pemerintah daerah setempat untuk melakukan studi potensi air tanah guna memenuhi kebutuhan air dan menambah debit limpasan dengan membuat tampungan air (waduk).



DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi, 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : Rieneka Cipta
- Azwar, S. 2005. *Sikap Manusia : Teori dan Pengukurannya*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Cetakan Kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Chay Asdak, 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, Edisi III, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*. Bandung : CV Galang Persada
- Hadi, Sutrisno, 2007. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Hardihardjaja dkk, 1997. *Bangunan Air*. Yogyakarta : Gunadarma.
- Harto Sri Br, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Iman Subarkah, 1980, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung : Idea Dharma Bandung
- I Made Kamiana, 2010, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusumastuti, Indriana Dyah. 2010. *Analisa Karakteristik Curah Hujan*, Jurnal Rekayasa, Bandar Lampung.
- Limantara, L. M. 2010. *Hidrologi Praktis*, Lubuk Agung, Bandung.
- Loebis, J. 2008. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Yayasan Badan Penerbit Umum, Jakarta.
- Martha Joyce, Wanny, 1980. *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*, Penerbit Nova, Bandung
- Priyonugroho, Anton, 2014. Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). Jurnal Fakultas Teknik dan Lingkungan.

Sudjarwadi, 1987, *Teknik Sumber Daya Air*, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.

Sri Harto Br, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia, Jakarta.

Soedibyo. 1993. *Teknik Bendungan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Soemarno,C.D, 1999. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Soewarno., 1995, *Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Hidrologi Jilid I*, Nova, Bandung.

Sosrodarsono, S dan Takeda, 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : Pradnya Paramita

Trijayanti, Vicky, 2013. *Prediksi Neraca Air Pertanian dengan Metode Mock pada Daerah Aliran Sungai Keduang*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

