

**ANALISIS NERACA AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI
BENGAWAN SOLO HULU SUB DAS
BENGAWAN SOLO HULU 3**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Program D-III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta*



Dikerjakan oleh :

CAHYO ADI WIBOWO

NIM : I 8709006

**PROGRAM DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL INFRASTRUKTUR
PERKOTAAN FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK
SIPIL UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

SURAKARTA

2012

commit to user

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS NERACA AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO HULU SUB DAS BENGAWAN SOLO HULU 3



Dikerjakan oleh :

CAHYO ADI WIBOWO

NIM : I 8709006

Telah disetujui untuk dipertahankan Tim Penguji Pendararan
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing

Dr.Ir.Rr.Rintis Hadiani, MT

NIP. 19630120 198803 2002

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS NERACA AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI
BENGAWAN SOLO HULU SUB DAS
BENGAWAN SOLO HULU 3**

TUGAS AKHIR

Dikerjakan oleh :

CAHYO ADI WIBOWO

NIM. I8709006

Dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Pendadaran Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima guna memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya.

Pada hari : *Jumat*

Tanggal : *20 Juli 2012*

Dipertahankan di depan tim penguji :

1. **Dr.Ir.Rr.Rintis Hadiani, MT**

NIP. 19630120 198803 2002

(*[Signature]*)

2. **Ir. Susilowati, MSi**

NIP. 194806101958032001

(*[Signature]*)

3. **Ir. Sudarto, MSi**

NIP. 19570327 198603 1 002

(*[Signature]*)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik UNS

Ir. Bambang Santosa, MT

NIP. 19590823 198601 1 001

Disahkan,

Ketua Program D-III Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil FT UNS

Achmad Basuki, ST, MT

NIP. 19710901 199702 1 001

ABSTRAK

Cahyo Adi Wibowo, 2012, **Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Analisis neraca air merupakan bagian dari kegiatan pengembangan sumber daya air, sedangkan neraca air merupakan suatu gambaran umum mengenai kondisi ketersediaan air dan pemanfaatannya di suatu daerah dalam 10 tahun terakhir. Analisis neraca air berguna dalam pencegahan kekeringan pada musim kemarau.

Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu 3 terbagi beberapa Sub DAS dan salah satunya Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu Sub DAS bengawan Solo Hulu 3.

Analisis neraca air berdasarkan pada Metode Mock yang digunakan untuk menghitung debit rerata bulanan sungai. Perhitungan debit andalan dengan Metode Mock merupakan cara perhitungan yang didasarkan pada curah hujan, evapotranspirasi dengan metode Penmann modifikasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Debit bulanan Metode Mock di dapat dengan mengalikan aliran sungai dengan luas *catchment area* di bagi 1 bulan dalam detik.

Hasil analisis neraca air Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 disimpulkan bahwa ketersediaan air di DAS Bengawan Solo Hulu 3 terjadi defisit paling tinggi pada bulan Juni yaitu sebesar 4,234 m³/detik, dan pada bulan Februari terjadi analisis ketersediaan air yang paling melimpah (*surplus*) sebesar 8,398 m³/detik.

Kata kunci : Neraca Air, Sungai Bengawan Solo, Debit Andalan, Ketersediaan Air.

MOTTO

- ✦ *Barang siapa yang menghendaki kekuatan, maka bagi Allah kekuatan itu semuanya (diberikanNya kepada siapa yang dikehendakiNya). KepadaNya naik perkataan yang baik dan amalan yang salih yang ditinggikannya (dibalasNya). Orang - orang yang menipu dengan (tipuan) yang jahat, maka untuk mereka siksa yang keras, sedang tipuan mereka itu akan binasa (gagal). (QS. AL FATHIR : 10)*
- ✦ *Hidup itu bukan untuk makan, namun makan untuk hidup (Penulis)*
- ✦ *Hidup penuh dengan pilihan (Uken Junaidi)*
- ✦ *Belajar itu mulai dari kesalahan dan sebenarnya gagal itu baik (Penulis)*
- ✦ *Sambutlah masa depan dengan pelajaran masa lalu (Penulis)*
- ✦ *Slow but sure (Slank)*
- ✦ *Orang yang paling bodoh adalah orang yang selalu berfikir buruk tanpa ada kepercayaan terhadap orang lain (Penulis)*

PERSEMBAHAN

Ya Allah dengan mengharap ridho dan Hidayah Mu ingin ku persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kesempatan, petunjuk dan Hidayah Nya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini,
2. Ribuan terima kasih untuk Orang Tuaku yang tak henti-hentinya mendoakan, mendidikku tak pernah jemu dan selalu memberikan pengorbanan dengan kasih sayang,
3. Kakak dan adikku tersayang yang turut mendoakan dan memberi semangat terselesainya laporan Tugas Akhir ini,
4. Sahabatku Antonius Mahatma Puteraka yang telah bannyak mendukung motivasi dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini,
5. Semua dosen yang telah mengajarkan banyak ilmu yang bermanfaat serta banyak bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini,
6. Rekan-Rekan D3 Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan 2009, adex-adex serta kakak tingkat yang memberi bantuan dan dukungannya,
7. Teman – teman satu team yang bersama – sama mengerjakan laporan Tugas Akhir ini khususnya kepada Alfrida Irfani, Rimaniar julindra, atas kerja samanya hingga selesai.

Semoga Allah membzrikan karunia dan Ridho Nya pada Kalian semua,,,Amin

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan lancar. Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada jurusan Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Adapun Laporan Tugas Akhir ini berisi tentang Analisis Neraca Air di DAS Bengawan Solo Hulu 3, dengan penelitian mengenai ketersediaan air dimana menggunakan metode Mock dalam perhitungannya.

Dalam kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. DR.Ir. Rr. Rintis Hadiani, MT. selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir.
2. Perusahaan Umum Jasa Tirta 1 dan Dinas Pengairan, Energi, dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Wonogiri dalam proses pengambilan data lapangan.
3. Teman-teman D-III Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan 2009.
4. dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir dan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, terutama teknisi seprofesi dan para Mahasiswa yang menekuni bidang pengairan dan irigasi. Penulis Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Surakarta, 4 Juli 2012

Penulis

commit to user

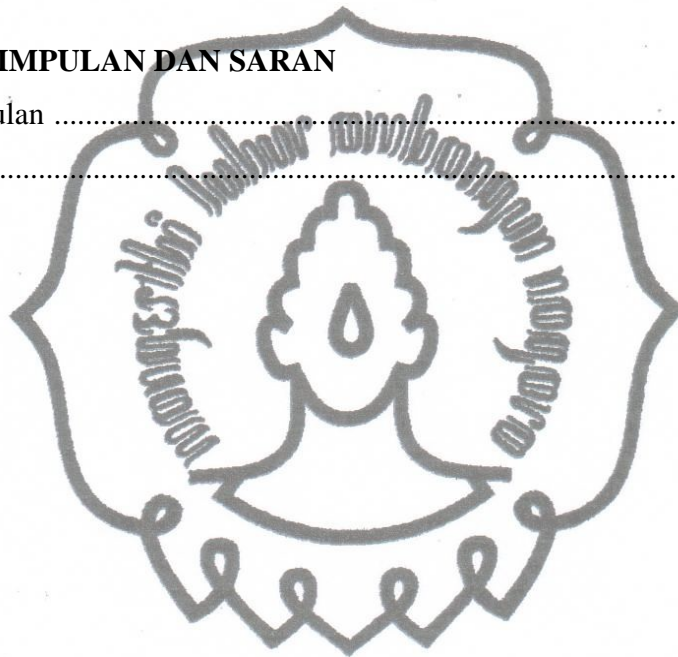
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATAPENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xiv
PENUTUP	xv
DAFTAR PUSTAKA	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka.....	3
2.2. Landasan Teori	4
2.2.1 Perhitungan Hujan Daerah.....	4
2.2.2 Perhitungan Evapotranspirasi	6

commit to user

2.2.3	Perhitungan Debit Efektif	8
2.2.4	Perhitungan Debit Andalan (Q_{80})	10
2.2.5	Perhitungan Hujan 20% Kering	11
2.2.6	Perhitungan Hujan Efektif	11
2.2.7	Perhitungan Luas Lahan Pertanian	11
2.2.8	Perhitungan Kebutuhan Air	11
2.2.9	Pola Tanam	17
BAB 3 METODE PENELITIAN		
3.1.	Lokasi Penelitian	19
3.2.	Data yang dibutuhkan	20
3.3.	Langkah – Langkah Penelitian	20
3.3.1.	Mengumpulkan Data dan Informasi	20
3.3.2.	Mengolah Data	20
3.3.3.	Penyusunan Laporan	21
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Data	23
4.2.	Perhitungan Hujan Wilayah (bulanan)	23
4.3	Perhitungan Debit Bulanan	25
4.3.1	Data Curah Hujan	26
4.3.2	Evapotranspirasi Terbatas (<i>Limited Evapotranspirasi</i>).....	26
4.3.3	Neraca Air (<i>Water Balance</i>)	27
4.3.4	Limpasan dan Tampungannya Air Tanah (<i>Runn Off dan Groundwater Storage</i>)	28
4.3.5	Debit Efektif (<i>Effective Discharge</i>)	29
4.4	Rekapitulasi Debit Bulanan Metode Mock (<i>Effektive Discharge</i>)	29
4.4.1	Perhitungan Probabilitas Q_{70} , Q_{80} , Q_{90}	30

4.5	Perhitungan Kebutuhan Air	34
4.5.1	Kebutuhan Air Untuk Pertumbuhan	35
4.6	Perhitungan Kebutuhan Air Selama Pengolahan lahan dan penggantian lapisan air	36
4.6.1	Kebutuhan Air Irigasi Untuk Padi	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	44
5.2.	Saran	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Tanam untuk Padi dan Palawija Menurut NEDECO / PROSIDA	16
Tabel 2.2 Koefisien Curah Hujan Efektif Padi	16
Tabel 2.3 Tabel Curah Hujan efektif rerata bulanan dikali Etc rerata dan Curah Hujan (ASDA/SCC 1969)	17
Tabel 2.4 Tabel Curah Hujan Efektif Rerata Bulanan	17
Tabel Pola Tanam	18
Tabel 4.1 Tabel Hujan Wilayah (Bulanan)	23
Tabel 4.2 Jumlah Hari Hujan	25
Tabel 4.3 Rekapitulasi Debit Bulanan Metode Mock	30
Tabel 4.4 Probabilitas Debit Andalan Q_{80} Metode Basic Month	31
Tabel 4.5 Probabilitas Debit Andalan Q_{70} Metode Basic Month	33
Tabel 4.6 Probabilitas Debit Andalan Q_{90} Metode Basic Month	33
Tabel 4.7 Rencana Pola Tanam Daerah Irigasi Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 Dengan Sistem 1 Golongan	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Poligon Thiessen	6
Gambar 3.1 DAS Wonogiri Hulu 3.....	19
Gambar 3.2 Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1 Poligon Thiessen DAS Bengawan Solo Hulu dengan 2 stasiun Stasiun hujan	24



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Debit Andalan Metode Dr.Fj.Mock (Q_{80})	32
Grafik 4.4 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air	43



DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

\bar{P}	= curah hujan rerata,
P	= curah hujan,
n	= jumlah hari,
P_n	= hujan masing – masing stasiun pencatat hujan,
A_w	= luas wilayah,
A_n	= luas masing – masing polygon,
d	= jumlah permukaan kering,
m	= <i>Exposed surface</i> ,
E_t	= evapotranspirasi terbatas,
I	= koefisien infiltrasi,
k	= faktor resesi aliran air tanah,
CA	= luas daerah aliran,
V	= volume,
A	= volume tampungan,
Pr	= probabilitas,
x	= rerata data,
S_d	= standart deviasi,
NFR	= kebutuhan air di sawah,
E_{To}	= evapotranspirasi,
E_{tc}	= kebutuhan air tanaman,
WLR	= penggantian lapisan air,
P	= perkolasi,
Re	= curah hujan efektif,
IR	= kebutuhan air irigasi,
E_o	= evaporasi,
T	= lamanya penyiapan lahan,
S	= air yang dibutuhkan untuk penjemuran,
K_c	= koefisien tanaman,
R	= curah hujan efektif,
NR	= kebutuhan air untuk pembibitan,
C_u	= kebutuhan air tanaman,
\bar{x}	= curah hujan bulanan rerata,
k	= faktor frekuensi,
x_t	= besarnya curah hujan,

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Analisis neraca air merupakan bagian dari kegiatan pengembangan sumber daya air. Menurut Sri Harto (1999) pengembangan sumber daya air dapat diartikan secara umum sebagai upaya pemberian perlakuan terhadap fenomena alam agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kepentingan umat manusia. Sedangkan neraca air merupakan suatu gambaran umum mengenai kondisi ketersediaan air dan pemanfaatannya di suatu daerah dalam 10 tahun terakhir, Indonesia dilanda berbagai bencana alam akibat perubahan cuaca/iklim global, yang ditandai seringnya banjir, kekeringan, tanah longsor serta kebakaran hutan dan lahan. Salah satu fenomena alam yang menimbulkan kerugian besar adalah bencana banjir. Berbagai peristiwa banjir di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun terakhir terjadi di banyak tempat di Indonesia.

Pada penyusunan tugas akhir ini, penelitian dilakukan di sungai Bengawan Solo (Sub DAS Bengawan Solo hulu 3). Sungai Bengawan Solo merupakan sungai yang di gunakan sebagai irigasi di daerah Baturetno hingga Watugede. Muara sungai bengawan Solo ini berada di Waduk Gajah Mungkur. Di lihat dari keadaan pertanian setempat, yaitu merupakan daerah kering, sehingga melihat dari keadaan tersebut terdapat suatu gagasan untuk menganalisis neraca air di daerah tersebut agar dapat diketahui bagaimana untuk realisasi pola tanam pada bulan basah atau bulan kering sehingga bisa memaksimalkan hasil pengolahan lahan pertanian di daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang diatas adapun rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini yaitu : *commit to user*

1. Bagaimana menghitung debit andalan (Q80)?
2. Bagaimana menghitung ketersediaan air dengan metode Dr.FJ. Mock?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masalah dan pembahasannya terbatas pada:

1. Besarnya perkolasi tiap 2mm di asumsikan menurut Ashdak,
2. Pola dan kalender tanam digunakan untuk mencari kebutuhan dan ketersediaan air,
3. Daerah penelitian adalah di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diperoleh dari pola dan kalender tanam pada daerah irigasi Baturetno dan Watugede ini adalah untuk mengetahui besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air untuk irigasi lahan pertanian.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberi masukan atau tambahan informasi terhadap pihak terkait dalam hal ini teknik manajemen lingkungan hidup terhadap ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 pada khususnya,
2. Mengetahui kebutuhan air dan ketersediaan air yang berada di daerah Baturetno dan Watugede sehingga didapatkan solusi untuk rencana penanganannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Menurut metode Thornwaite Mather secara umum neraca air digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran - salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan - bulan yang defisit air, digunakan sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air, Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti sawah, perkebunan, dan perikanan.

Ketersediaan air irigasi diperoleh dari data debit intake bendung yang mengairi jaringan irigasi. Debit andalan adalah banyaknya air yang tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Probabilitas keandalan yang digunakan sebesar 80%, hal ini berarti akan dihadapi resiko adanya debit – debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% dari banyaknya pengamatan (anonym (KP-01), 1986:79).

Perencanaan lahan optimasi lahan pertanian dapat dilakukan dengan program linier. Dengan tujuan memaksimalkan keuntungan total dan pembatas ketersediaan air dan luas lahan, telah digunakan data – data pada areal pertanian. (Agus suhardono, 2010).

Dalam perhitungan neraca air lahan bulanan diperlukan data masukan yaitu curah hujan bulanan, evapotranspirasi bulanan, kapasitas lapang, dan titik layu permanen. Nilai – nilai yang diperoleh dari analisis neraca air lahan ini adalah harga – harga dengan asumsi – asumsi lahan datar tertutup vegetasi rumput, lahan berupa tanah dimana air yang masuk pada tanah tersebut hanya berasal dari curah hujan saja, keadaan profil tanah homogen sehingga kapasitas lapang dan titik layu permanen mewakili seluruh lapisan dan hamparan tanah (penuntun praktikum Agrohidrologi, Ir.M.Mahbub). *commit to user*

Neraca air di sungai dan penerapan metode tertentu untuk menganalisis ketersediaan air, terkadang memiliki hasil yang tidak sama. Hal ini disebabkan karena setiap metode mempunyai asumsi yang berbeda, namun yang paling penting adalah dilakukannya kalibrasi untuk setiap metode analisis neraca air agar metode tersebut dapat digunakan dengan akurat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perhitungan Hujan Daerah

Data hujan yang tercatat di setiap stasiun penakar hujan adalah tinggi hujan disekitar stasiun tersebut atau biasa disebut sebagai hujan titik (*Point Rainfall*). Karena stasiun penakar hujan tersebar di daerah aliran maka banyak data tinggi hujan yang diperoleh yang besarnya tidak sama. Di dalam analisa hidrologi diperlukan data hujan rerata di daerah aliran (*catchment area*) yang kadang-kadang dihubungkan dengan besarnya aliran yang terjadi.

Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit efektif adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (*Sosrodarsono, 2003*).

Berikut adalah metode - metode perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan :

a. Metode Rerata Aljabar

Adalah metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran curah hujan di stasiun hujan dalam waktu yang bersamaan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada di dalam DAS, akan tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan (*Bambang Triatmojo, 2008*).

Metode ini memberikan hasil yang baik apabila:

- 1) Stasiun hujan tersebar secara merata pada seluruh DAS dalam jumlah yang cukup,
- 2) Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

b. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut.

c. Metode Poligon Thiessen

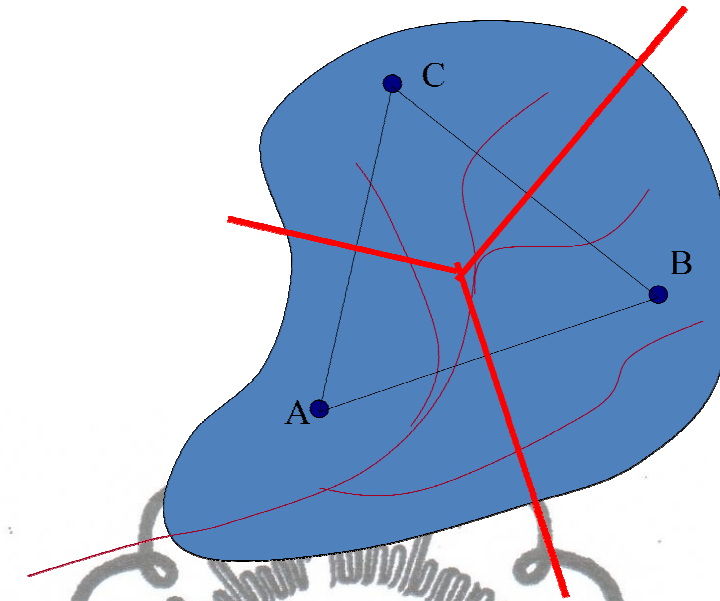
Metode perhitungan berdasarkan rerata timbang (*weighted average*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (*Suripin, 2004*).

Dalam perhitungan hujan wilayah dalam laporan ini menggunakan metode poligon Thiessen. Hujan rerata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.1)$$

Dengan:

- \bar{p} = hujan rerata kawasan,
- p_1, p_2, \dots, p_n = hujan di stasiun 1, 2, 3..., n ,
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3..., n .



Gambar 2.1 Poligon Thiessen

2.2.2 Perhitungan Evapotranspirasi (E_t)

Evapotranspirasi adalah kombinasi dua proses yang saling terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi. Evapotranspirasi oleh banyak faktor yaitu sebagai berikut :

1. Radiasi surya (R_d), komponen sumber energi dalam memanaskan badan – badan air, tanah dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi,
2. Kecepatan angin (v), angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum terjadinya kejenuhan kandungan uap di udara,
3. Kelembaban relative (RH), parameter iklim ini memegang peranan karena udara memiliki kemampuan untuk menyerap air sesuai kondisinya termasuk temperature udara dan tekanan udara atmosfer,
4. Temperatur, suhu merupakan komponen tak terpisah dari RH dan radiasi. Suhu ini dapat berupa suhu badan air, tanah dan tanaman ataupun juga suhu atmosfer.

Beberapa metode untuk menghitung evapotranspirasi yaitu :

1. Metode Hargreaves

Hargreaves menganjurkan pemakaian *panci evaporasi* (*class a pan evaporation*) sebagai climatic index untuk mengestimasi. Oleh karena *panci*

evaporasi tidak selalu terdapat pada daerah – daerah yang akan ditinjau, Hargraeves mengembangkan persamaan untuk perhitungan climatic faktor sebagai berikut :

$$E_v = 17,4 \times D \times T_c \times F_h \times F_w \times F_s \times F_e \quad (2.2)$$

2. Metode Meyer

Evapotranspirasi merupakan faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi.

3. Metode Penman

Pada tahun 1948 Penman memprestasikan suatu formula atau rumus untuk menghitung evapotranspirasi dengan data klimatologi (Varshney.1977). Dalam perhitungan evapotranspirasi dalam penelitian ini adalah menggunakan metode Penman dengan rumus sebagai berikut :

$$E_t = (\Delta H + 0,27 E_a) / \Delta + 0,27 \quad (2.3)$$

$$H = R_n = R_a (1-r) (0,18 + 0,55 n/N) - B (0,56 - 0,092\sqrt{ed}) (0,10 + 0,90 n/N)$$

$$E_a = 0,35 (e_a - e_d) (1 + 0,0098U_2) \quad (2.4)$$

Persamaan Evapotranspirasi terbatas dengan metode Penman Modifikasi sebagai berikut :

$$E_t = E_p - E \quad (2.5)$$

$$E = E_p (d/30) \times m \quad (2.6)$$

Dimana :

E = Perbedaan antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas,

E_p = Evapotranspirasi potensial,

d = Jumlah hari kering,

m = Prosentasi lahan yang tak tertutup vegetasi, ditaksir dari peta tata guna lahan.

Dari data n dan d stasiun hujan disekitar proyek akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$d = a n + b \quad (2.6)$$

Dimana a dan b adalah konstanta akibat hubungan n (jumlah hari hujan) dan d (jumlah permukaan kering).

Substitusi dari persamaan (2.4) dan (2.5), diperoleh :

$$E/E_p = m/30 \cdot (a \cdot n + b) \quad (2.7)$$

2.2.3 Perhitungan Debit Effektif

Ada beberapa metode dalam perhitungan debit efektif bulanan yaitu :

1. Metode Nreca

Perhitungan debit aliran masuk embung metode NRECA, dilakukan kolom per kolom dari kolom 1 sampai kolom 20 dengan langkah sebagai berikut :

a. Nama bulan dari Januari sampai Desember tiap-tiap tahun pengamatan.

b. Periode 15 harian dalam 1 bulan,

c. Nilai hujan rerata 10 harian (R_b),

d. Nilai penguapan peluh potensial (PET atau E_{T0}),

e. Nilai tampungan kelengasan awal (W_0), Nilai ini harus dicoba-coba dan percobaan pertama diambil 206,094 (mm/bulan) di bulan awal,

f. Tampungan kelengasan tanah (soil moisture storage - W_i).

2. Metode Mock

Perhitungan debit efektif dalam laporan ini adalah menggunakan Metode Mock. Metode Mock merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung debit rerata bulanan sungai, berdasarkan analisa keseimbangan air. Metode ini menjelaskan hubungan Limpasan (*run off*) dengan curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan penyimpanan di dalam tanah (Pedoman Tersedianya Air, 1985).

Perhitungan debit andalan dengan Metode Mock merupakan cara perhitungan yang didasarkan pada data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Metode Mock menggunakan data hujan bulanan dan lama hari hujan untuk mendapatkan debit bulanan rerata.

Kriteria perhitungan dan asumsi metode simulasi yang dikembangkan mulai tahun 1973 ini meliputi :

a. Evapotranspirasi

b. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

Keseimbangan air tanah dipengaruhi oleh jumlah air yang masuk ke dalam permukaan tanah dan kondisi tanah itu sendiri. Data yang diperlukan adalah :

- $P - Et$, adalah perubahan air yang akan masuk ke permukaan tanah.
- *Soil storage*, adalah perubahan volume air yang ditahan oleh tanah yang besarnya tergantung $(P - Et)$, *soil storage*, dan *soil moisture* bulan sebelumnya.
- Kapasitas *soil moisture*, adalah volume air yang diperlukan untuk mencapai kapasitas kelengasan tanah.
- *Water surplus*, adalah volume air yang akan masuk ke permukaan tanah, yaitu $water\ surplus = (P - Et) - soil\ storage$, dan 0 jika $(P - Et) < soil\ storage$.

c. Debit dan tampungan air tanah

Nilai limpasan (*run off*) dan air tanah besarnya tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data yang diperlukan adalah :

- Koefisien infiltrasi = I diambil 0,2 - 0,5 (buku laporan irigasi, Selipanus, 2011).
- Faktor resesi aliran air tanah = k , diambil 0,4 - 0,7 (buku laporan irigasi, Selipanus, 2011)
- *Initial storage*, adalah volume air tanah yang tersedia di awal perhitungan.

Persamaan :

$$In = Water\ Surplus \times I \text{ dan } V = k \cdot V(n-1) + 0,5(1+k) In \text{ serta } A = Vn - Vn-1$$

dengan :

- In = infiltrasi volume air yang masuk ke dalam tanah.
- V = volume air tanah.
- dVn = perubahan volume air tanah bulan ke- n .
- $V(n-1)$ = volume air tanah bulan ke $(n-1)$.
- I = koefisien infiltrasi.
- A = volume tampungan per bulan.

d. Aliran sungai

- Aliran dasar = Infiltrasi – volume air tanah (mm).
- Aliran Permukaan = volume air lebih (*Water Surplus*) – Infiltrasi (mm).
- Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar.
- Debit = (aliran sungai \times catchment area), 1 bulan dalam detik.

- Luas daerah aliran CA (Km²).

2.2.4 Perhitungan Debit Andalan (Q₈₀)

Penyediaan sumber daya air untuk berbagai kebutuhan harus memenuhi persyaratan perencanaan tertentu dimana ketersediaannya harus memenuhi probabilitas tertentu yang disebut dengan debit andalan. Debit andalan adalah minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam persentase tertentu, misalnya 90%, 80% atau nilai prosentase lainnya, sehingga dapat dipakai untuk berbagai kebutuhan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rerata untuk periode 10 hari, setengah bulanan atau bulanan. Kemungkinan tak terpenuhi dapat ditetapkan 20%, 30% atau nilai lainnya untuk menilai tersedianya air berkenaan dengan kebutuhan pengambilan (*diversion requirement*) (Balai Datin, 2010).

Debit andalan diperoleh dengan mengurutkan debit rerata bulanan dari urutan besar ke urutan kecil. Nomor urut data yang merupakan debit andalan Dr. Mock dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Standar Perencanaan Irigasi, 1986) :

$$Pr = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dengan :

- Pr : probabilitas, %
- n : jumlah tahun data
- m : nomor urut data setelah diurutkan dari besar ke kecil.

Khusus untuk probabilitas keberhasilan 80% dengan rumus :

$$Q_{80} = \bar{x} - 0,281 \cdot sd \quad (2.9)$$

dengan :

\bar{x} = rerata data

Sd = standar deviasi

Atau dengan Q_{real} , yang diperoleh pada probabilitas 80% dengan interpolasi sehingga diperoleh nilai Q_{real}.

2.2.5 `Perhitungan Hujan 20% Kering

Perhitungan hujan 20% kering dihitung dengan menggunakan rerata hujan daerah bulanan, rumus hujan rerata diambil dari PSA-010 Dirjen Pengairan Bina Program (1985).

$$X_t = x + k.sd \quad (2.10)$$

Dengan :

x = curah hujan bulanan rerata (mm),
 k = faktor frekuensi (-0,842 untuk 20% kering),
 sd = penyimpangan standar (standar deviasi),
 xt = besarnya curah hujan pada periode yang tertentu,

2.2.6 Perhitungan Hujan Efektif

Tinggi hujan yang dinyatakan dalam mm menentukan saat mulai tanam pertama dan menentukan pula kebutuhan air irigasi. Untuk perencanaan kebutuhan air irigasi, curah hujan efektif.

Perhitungan curah hujan efektif didasarkan pada curah bulanan, berdasarkan persamaan sebagai berikut :

- curah hujan efektif harian untuk padi = $0.7 \times \frac{R_{80}}{30}$ (2.11)

- curah hujan efektif harian untuk palawija berdasarkan curah hujan bulanan, kebutuhan air tanaman bulanan dan evapotranspirasi bulanan.

2.2.7 Perhitungan Luas Lahan Pertanian

Dalam perhitungan luas lahan pertanian, penelitian ini menggunakan program AutoCad. Perhitungan luas lahan pertanian digunakan untuk mengetahui kebutuhan air didaerah penelitian.

2.2.8 Perhitungan Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Di Sawah

Kebutuhan air di sawah adalah besarnya satuan kebutuhan air yang harus disediakan untuk tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Besarnya satuan kebutuhan air disawah biasanya dihitung dengan satuan satuan kebutuhan air setiap satuan luas.

Kebutuhan air di sawah (*crop water requirement*) ialah kebutuhan air yang diperlukan pada petakan sawah yang terdiri dari :

- Kebutuhan air untuk pengolahan lahan.,₂
- Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman (*consumptive use*).₂
- Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air pada petakan-petakan sawah.

Banyaknya air yang diperlukan oleh tanaman pada suatu petak sawah dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re \quad (2.12)$$

dengan :

NFR	=	kebutuhan air di sawah (mm/hari). ₂
ET _c	=	kebutuhan air tanaman (<i>consumptive use</i>) (mm/hari). ₂
WLR	=	penggantian lapisan air (mm/hari). ₂
P	=	perkolasi (mm/hari). ₂
Re	=	curah hujan efektif (mm). ₂

2. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Air yang dibutuhkan selama masa penyiapan lahan untuk menggenangi sawah hingga mengalami kejenuhan sebelum transplantasi dan pembibitan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk pembibitan adalah 250 mm, 200 mm digunakan untuk penjenuhan 200 mm dan pada awal transplantasi akan ditambah 50 mm untuk padi, untuk tanaman ladang disarankan 50-100 mm (KP-01). Waktu yang diperlukan pada masa penyiapan lahan dipengaruhi oleh jumlah tenaga kerja, hewan penghela dan peralatan yang digunakan serta faktor sosial setempat.

Kebutuhan air selama jangka waktu penyiapan lahan dihitung berdasarkan rumus V.D Goor-Ziljstra (1968). Metode tersebut didasarkan pada air konstan dalam lt/det selama periode penyiapan lahan yang dihitung dengan rumus sbb :

$$IR = \frac{M \times e^k}{e^k - 1} \quad (2.13)$$

dengan :

IR = kebutuhan air irigasi di sawah (mm/hari)

M	= kebutuhan air untuk mengganti kehilangan akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan = $E_o + P$
E_o	= Evaporasi air terbuka diambil 1,1 E_{To} selama masa penyiapan lahan (mm/hari)
P	= perkolasi (mm/hari)
k	= $\frac{M \times T}{S}$
T	= lamanya penyiapan lahan.
S	= air yang dibutuhkan untuk penjenuhan ditambah dengan 50 mm,

Kebutuhan air irigasi pada tanah pertanian untuk satu unit luasan dinyatakan dalam rumus berikut :

$$IR = Cu + P + Pd + N - Re \quad (2.14)$$

dengan :

- Ir = Kebutuhan air irigasi (mm),
- Cu = Penggunaan konsumtif tanaman 9mm,
- P = Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hr),
- Pd = kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm),
- N = kebutuhan air untuk pengisian tanah persemaian (mm),
- Re = Curah hujan efektif (mm),

Kebutuhan air di sawah menurut metode *water balance*:

a. Untuk tanaman padi :

$$NFR = CU + Pd + NR + P - R \quad (2.15)$$

b. Untuk tanaman palawija :

$$NFR = Cu + P - R \quad (2.16)$$

dengan:

- NFR = kebutuhan air disawah ($1 \text{ mm/hari} \times 10.000/24 \times 60 \times 60 = 1 \text{ lt/dt/ha}$,
- Cu = kebutuhan air tanaman (mm/hari),
- NR = kebutuhan air untuk pembibitan (mm/hari),
- P = perkolasi (mm/hari),
- R = curah hujan efektif (mm).

3. Kebutuhan Air Tanaman (E_t)

Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Besarnya kebutuhan air tanaman (*consumptive use*) dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (2.17)$$

dengan :

ET_c	=	evapotranspirasi tanaman, mm/hari
ET_o	=	evapotranspirasi tanaman acuan, mm/hari
K_c	=	koefisien tanaman (tabel),

3. Perkolasi

Perkolasi adalah besarnya air yang masuk dari lapisan tanah tak jenuh (*unsaturated*) ke lapisan tanah jenuh (*saturated*) sedangkan Infiltrasi ialah masuknya air (besarnya air merembes) dari permukaan tanah ke lapisan tak jenuh (*unsaturated*). Pada tanaman ladang, perkolasi air kedalam lapisan tanah bawah hanya akan terjadi setelah pemberian air irigasi. Dalam mempertimbangkan efisiensi irigasi, perkolasi hendaknya diperhitungkan.

Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, lalu perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan, perlurusan besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Faktor-faktor yang mempengaruhi :

1. Tektur tanah: tekstur tanah yang halus, daya perkolasi kecil, dan sebaliknya,
2. Permeabilitas tanah: makin besar permeabilitas, makin besar daya perkolasi,
3. Tebal top soil, makin tipis lapisan tanah bagian atas, makin kecil daya perkolasi,
4. Letak permukaan air tanah makin dangkal muka air tanah, makin kecil daya perkolasi,
5. Kedalaman lapisan *impermeable* makin dalam, makin besar daya perkolasi.
6. Tanaman penutup, lindungan tumbuh - tumbuhan yang padat menyebabkan infiltrasi semakin besar yang berarti perkolsai makin besar pula,

Pola petak sawah, perkolasi dipengaruhi :

1. Tinggi genangan, *commit to user*

2. Keadaan pematang.

Perkiraan besarnya infiltrasi dan perkolasi berdasarkan jenis tanah :

1. *Sandy loam* : $1 + P = 3$ s/d 6 mm/hari.
2. *Loam* : $1 + P = 2$ s/d 3 mm/hari.
3. *Clay loam* : $1 + P = 1$ s/d 2 mm/hari.

4. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan dan Penggantian Lapisan air

1. Penyiapan lahan untuk padi

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan ini menentukan kebutuhan maksimum air untuk irigasi. Faktor yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan tergantung dari besarnya penjumlahan tanah, lama pengolahan tanah dan besarnya evaporasi serta perkolasi diambil harga – harga seperti tersebut dalam KP-01 sebagai berikut :

- Waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan diperkirakan jangka waktu penyiapan lahan ini selama satu bulan (30 hari),
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan ini dapat ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah disawah, diambil kebutuhan air untuk penjumlahan dan pengolahan tanah (lahan) sebesar 200mm,
- Pada permukaan tanaman tidak ada air yang tersisa disawah, setelah tanam selesai. Lapisan air disawah di tambah 50mm jadi jumlah lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah tanam selesai seluruhnya menjadi 250mm,

2. Penyiapan lahan untuk palawija

Kebutuhan air untuk palawija diperlukan guna menggarap lahan yang akan ditanami dan dapat menciptakan kondisi yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh. Jumlah air yang diperlukan antara 50 – 100 mm.

3. Koefisien Tanaman (Kc)

Koefisien tanaman besarnya tergantung pada jenis tanaman dan phase pertumbuhan. Pada pertumbuhan digunakan koefisien tanaman untuk padi dengan

varietas unggul mengikuti ketentuan NEDECO/PROSIDA. Besarnya koefisien tanaman untuk padi dan palawija dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Koefisien Tanaman untuk Padi dan Palawija Menurut NEDECO/PROSIDA

Periode Tengah Bulanan ke	PADI		PALAWIJA				KETERANGAN
	Varietas biasa	Varietas Unggul	Jagung	Kacang Tanah	Kedelai	Kacang Hijau	
1	1,20	1,20	0,50	0,50	0,50	0,50	* Untuk sisanya
2	1,20	1,27	0,59	0,51	0,75	0,64	15 hari
3	1,32	1,33	0,96	0,66	1,00	0,89	** untuk sisanya
4	1,40	1,30	1,05	0,85	1,00	0,95	10 hari
5	1,35	1,15	1,02	0,95	0,82	0,88	
6	1,24	0,00	0,95*	0,95	0,45*		
7	1,12			0,95			
8	0,00			0,95			
9				0,55**			

Data : PSA-010, Dirjen Pengairan, Bina Program (1985)

4. Koefisien Curah Hujan efektif

Berdasarkan koefisien curah hujan efektif pada padi diambil menurut tabel berikut:

Tabel 2.2 Koefisien Curah Hujan Efektif Padi

Bulan	GOLONGAN					
	1	2	3	4	5	6
0,5	0,36	0,18	0,12	0,09	0,07	0,06
1,0	0,70	0,53	0,35	0,26	0,21	0,18
1,5	0,40	0,55	0,48	0,36	0,29	0,24
2,0	0,40	0,40	0,50	0,46	0,37	0,31
2,5	0,40	0,40	0,40	0,48	0,45	0,37
3,0	0,40	0,40	0,40	0,40	0,46	0,44
3,5	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45
4,0	0,00	0,20	0,27	0,30	0,32	0,33
4,5			0,13	0,20	0,24	0,27
5,0				0,10	0,16	0,20
5,5					0,08	0,13
6,0						0,07

Data PSA – 010. Dirjen pengairan, bina program (1985)

Sedangkan untuk palawija besarnya curah hujan efektif ditentukan dengan rerata bulanan serta evapotranspirasi bulanan.

Tabel 2.3 Tabel Curah Hujan Efektif Rerata Bulanan dikali Etc rerata bulanan dan curah hujan (ASDA/SCS.Dirjen Pengairan, Bina Program 1969)

Curah Hujan Mean Bulanan (mm)	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175
-------------------------------	------	----	------	----	------	----	------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----

Tabel 2.4 Tabel Curah Hujan Efektif Rerata Bulanan (mm)

Et Rerata Bulanan (mm)	25	8	16	24											
	50	8	17	25	32	39	46								
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69					
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100	
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134
	225	12	25	33	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150

ASDA/SCS.Dirjen Pengairan, Bina Program 1969

5. Efisiensi irigasi

Efisiensi adalah perbandingan debit air irigasi yang sampai dilahan pertanian dengan debit air irigasi yang keluar dari pintu pengambilan yang dinyatakan dalam persen. Kehilangan ini disebabkan karena adanya penguapan, kegiatan eksploitasi, kebocoran dan rembesan. Untuk perencanaan dianggap sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah.

Total efisiensi irigasi untuk padi diambil sebesar 65% (Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi,10), dengan asumsi 90 % efisiensi pada saluran primer, 90% efisiensi pada saluran sekunder dan 80 % efisiensi pada jaringan tersier.

2.2.9 Pola Tanam

Pola tata tanam adalah jadwal tanam dan jenis tanaman yang diberikan pada suatu jaringan irigasi. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Penentuan pola tata tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tabel 2.1 dibawah ini merupakan contoh pola tata tanam yang tepat dipakai.

Tabel 2.5 Pola Tanam

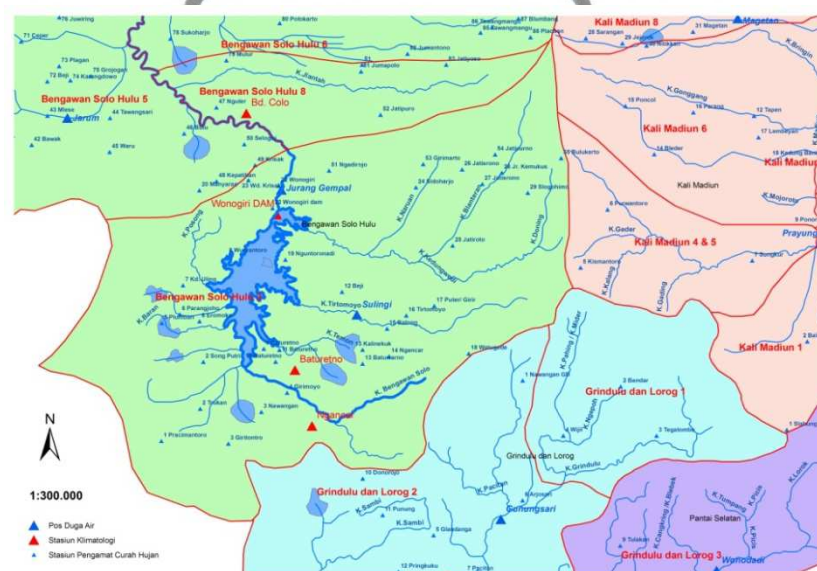
Ketersediaan air untuk irigasi	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
1, tersedia air cukup banyak	Padi-Padi-Palawija
2, tersedia air dalam jumlah cukup	Padi-Padi-Bera-Padi-Palawija-Palawija
3, daerah yang cenderung kekurangan air	Padi-Palawija-Bera-Palawija-Padi-Bera



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 yang terletak di Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah.



Sumber: *The Study on Counter for Sedimentation in the Wonogiri Multipurpose Dam(2007)*

Gambar 3.1 DAS Wongiri Hulu 3

Das Bengawan Solo hulu 3 ditunjukkan dalam Gambar 3.2 seperti di bawah ini:



commit to user

Gambar 3.2 Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3

3.2 Data yang Dibutuhkan

Data yang dibutuhkan adalah:

1. Peta DAS beserta lokasi stasiun hujan di sub DAS Bengawan Solo Hulu,
2. Peta batas DAS untuk sub DAS Bengawan Solo Hulu,
3. Data hujan dari stasiun hujan selama 13 tahun dari tahun 1999-2011 pada sub DAS Bengawan Solo Hulu.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

3.3.1 Mengumpulkan Data dan Informasi

1. Tahap persiapan

Tahap dimaksudkan untuk mempermudah jalannya penelitian, seperti pengumpulan data, analisis, dan penyusunan laporan.

Tahap persiapan meliputi:

- a. Studi Pustaka

Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapatkan arahan dan wawasan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisis data maupun dalam penyusunan hasil penelitian.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data pencatatan curah hujan yang dimiliki oleh kantor DPU kota Wonogiri dan dari mateologi landasan udara Adi Soemarmo.

3.3.2 Mengolah Data

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah pengolahan data tersebut. Pada tahap pengolahan atau menganalisis data dilakukan dengan menghitung data yang ada dengan rumus yang sesuai.

Hasil dari suatu pengolahan data digunakan kembali sebagai data untuk menganalisis yang lainnya dan berlanjut seterusnya sampai mendapatkan hasil

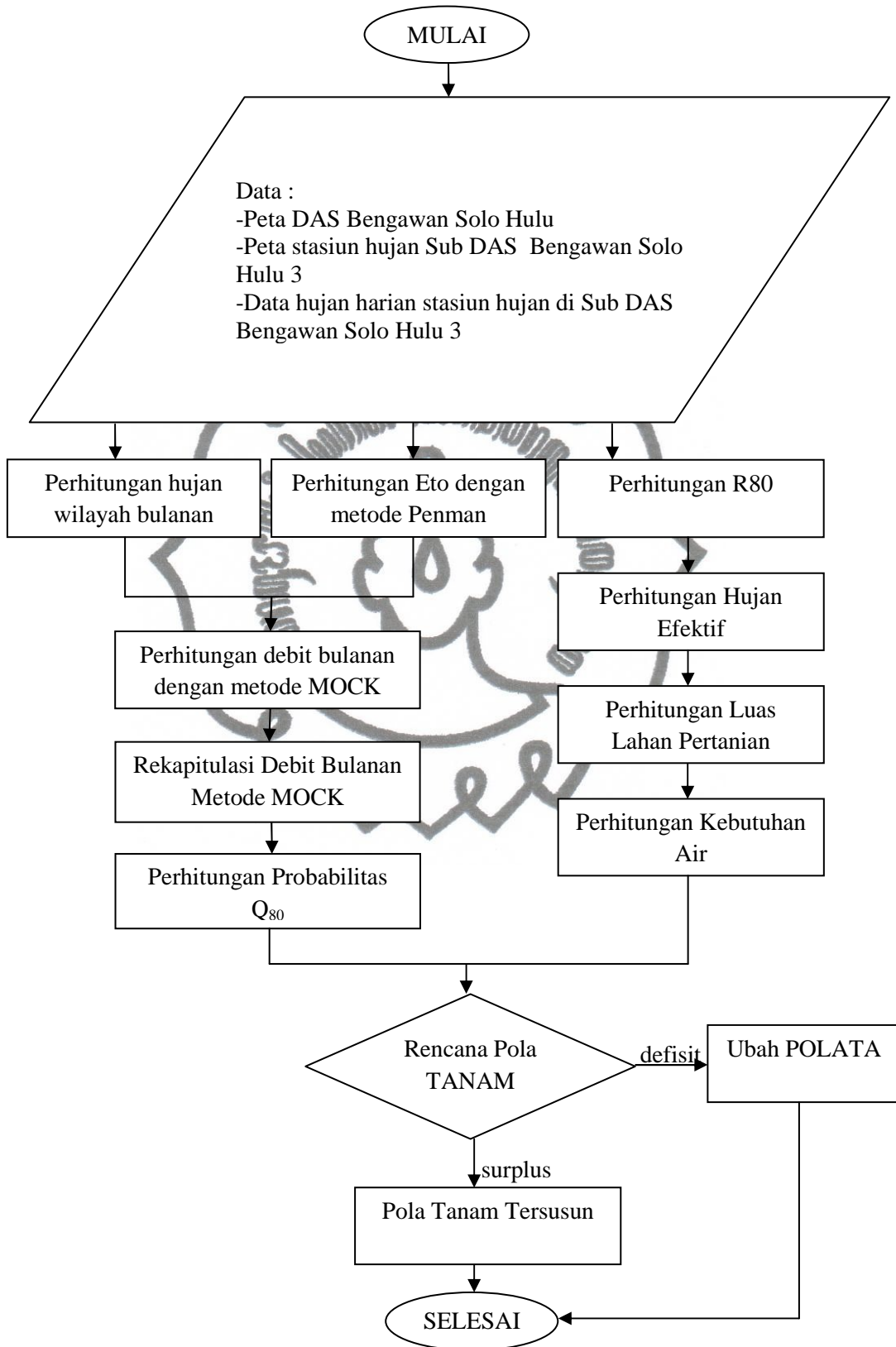
akhir tentang analisis neraca air Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3.

3.3.3 Penyusunan Laporan

Seluruh data atau informasi primer maupun sekunder yang telah terkumpul kemudian diolah atau dianalisis dan disusun untuk mendapatkan hasil akhir yang dapat mengetahui ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3.



Langkah – langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



commit to user

Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Pembahasan dan analisis dalam penelitian ini menggunakan data yang berupa data curah hujan selama 13 tahun yaitu dari tahun 1999 – 2011 sebagai data awal. Data curah hujan diperoleh dari perusahaan Umum Jasa Tirta 1 dan Dinas Pengairan, Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Wonogiri.

Penelitian ini menggunakan data hujan di stasiun hujan Baturetno dan Watugede. Pemilihan kedua stasiun tersebut sehubungan dengan ketersediaan data yang lengkap di dua stasiun hujan tersebut.

4.2 Perhitungan Hujan Wilayah (Bulanan)

Curah hujan adalah unsur iklim yang memiliki variasi besar baik dari sebaran waktu maupun sebaran tempat di setiap bulan. Curah hujan yang terjadi di suatu tempat disebut curah hujan wilayah dengan satuan millimeter (mm). Data curah hujan dipakai untuk memperkirakan besar curah hujan yang jatuh di daerah sekitarnya. Kondisi curah hujan wilayah (bulanan) di dua stasiun hujan di kawasan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 yaitu Baturetno dan Watugede dapat dilihat pada Tabel 4.1. Misalkan pada bulan Januari yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tabel Hujan Wilayah (bulanan)

Januari			
Tahun	STA1 Baturetno	STA2 Watugede	P. Wilayah
1999	660	590	627,72
2000	227	199	214,09
2001	320	591	444,97
2002	0	0	0,00

Bersambung dihalaman berikutnya.

Sambungan halaman sebelumnya.

2003	0	0	0,00
2004	294	42	177,79
2005	208	166	188,63
2006	0	0	0,00
2007	0	0	0,00
2008	150	187	167,06
2009	258	240	249,70
2010	348	0	187,52
2011	393	881	618,03

Dari data hujan harian maksimum tahunan akan dihitung hujan daerah diDAS Bengawan Solo Hulu menggunakan metode Poligon Thiessen.

Poligon Thiessen Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 dengan 2 Stasiun hujan dapat di lihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Poligon Thiessen DAS Bengawan Solo Hulu dengan 2 Stasiun hujan

Dari Poligon Thiessen yang sudah dibuat selanjutnya dihitung luas masing-masing wilayah dengan menggunakan program AutoCAD.

Hasilnya adalah sebagai berikut:

- Luas DAS Bengawan Solo Hulu $\approx 205,529 \text{ km}^2$

- Luas poligon stasiun hujan Baturetno = $110,752\text{km}^2$
- Luas poligon stasiun hujan Watugede = $94,777\text{ km}^2$
- Koefisien Thiessen Baturetno = $110,752 / 205,529$
= 0,539
- Koefisien Thiessen Watugede = $94,777 / 205,529$
= 0,461

Contoh perhitungan hujan daerah harian maksimum tahun 2007 adalah:

- Hujan wilayah (P. wilayah) tahun 1999 = $(660 \times 0,539) + (590 \times 0,461)$
= 627,720

Tabel 4.2 Jumlah Hari Hujan

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
1999	17	16	12	5	8	2	1	1	1	7	10	17
2000	10	19	14	13	5	3	0	1	1	4	12	7
2001	19	10	19	10	3	8	3	0	0	0	6	0
2002	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	17
2003	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
2004	9	12	11	5	5	0	1	0	0	0	4	0
2005	10	11	12	0	0	2	0	0	0	0	0	7
2006	0	7	0	5	5	10	0	18	11	8	6	20
2007	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	19
2008	12	20	16	6	1	0	0	0	0	0	0	5
2009	14	17	8	6	9	1	0	0	0	0	10	5
2010	11	10	19	4	5	0	0	0	8	2	9	5
2011	19	19	17	18	8	1	0	0	0	3	15	9

4.3 Perhitungan Debit Bulanan

Perhitungan debit andalan dengan metode Mock merupakan cara perhitungan yang didasarkan pada data curah hujan, evapotranspirasi (PENMANN

MODIFIKASI) dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Kriteria perhitungan dan asumsi metode simulasi ini meliputi :

4.3.1 Data Curah hujan

- a. Data curah hujan diperoleh dari data hujan tiap tahun perbulan, misalkan data pada bulan januari 1999 = 627,720 mm
- b. Data hari curah hujan, data diperoleh dari data jumlah hari hujan dalam tiap bulan, misal pada januari tahun 1999 adalah 17 hari.

4.3.2 Evapotranspirasi Terbatas (*Limited Evapotranspiration*)

- a. *Evapotranspiration* (Eto), data evapotranspirasi diperoleh dari perhitungan PENMANN MODIFIKASI bulanan, misalkan pada Januari 1999 adalah 105,539 mm/bulan.
- b. *Exposed Surface*, merupakan data ketetapan sesuai dengan musim di daerah, misalkan pada bulan januari 1999 adalah 20%.
- c. $(m/20) \times (18 - n)$, Data diperoleh berdasarkan rumus tersebut dimana m adalah data dari *Exposed Surface*, sedangkan n adalah jumlah hari hujan dalam satu bulan pada bulan yang ditinjau. Misalkan pada bulan Januari 1999 : $(m/20) \times (18-n) = (20/20) \times (18-17)/100 = 0,01$.
- d. E, mm/bulan, nilai E diperoleh dari hasil perkalian antara $(m/20) \times (18-n)$ dengan nilai Evapotranspirasi, atau baris (5) x (3), misalkan pada bulan Januari Tahun 1999.

$$\begin{aligned} E &= (5) \times (3) \\ &= 0,01 \times 105,539 \\ &= 1,055 \text{ mm/bulan} \end{aligned}$$

- e. Et, mm/bulan, nilai Et diperoleh dengan mengurangkan nilai Evapotranspirasi dengan nilai E, atau baris ke (3) – (6), misalnya pada bulan Januari 1999, $Et = 105,539 - 1,055 = 104,483 \text{ mm/bulan}$.

4.3.3 Neraca Air (*Water Balance*)

a. $P - E_t$, mm/bulan

Nilai $(P - E_t)$ diperoleh dari hasil pengurangan antara curah hujan dengan nilai E_t , atau baris ke (1) – (7), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$P - E_t = 627,720 - 104,483 = 523,237 \text{ mm/bulan.}$$

b. *Precipitation Flood*, mm/bulan

Nilai P_f diperoleh dengan mengalikan koefisien *precipitation flood* (PF) dengan nilai curah hujan atau koefisien PF x baris ke (1), misalkan pada bulan Januari 1999: $PF = 0,05 \times 627,720 = 31,385 \text{ mm/bulan.}$

c. *Soil Storage*

Nilai *Soil Storage* diperoleh dengan mengurangkan nilai $(P - E_t)$ dengan nilai PF atau baris ke (8) – (9), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$\text{Soil Storage} = 523,237 - 31,385 = 491,851 \text{ mm/bulan.}$$

d. *Soil Moisture*

Nilai *Soil moisture* diperoleh dengan menjumlahkan nilai koefisien *soil moisture capacity* (smc) dengan nilai *soil storage*, atau $smc +$ baris ke (10), misalkan pada bulan Januari 1999 : $150 + 491,851 = 641,851 \text{ mm/bulan.}$

e. *Water surplus*

Nilai *water surplus* di peroleh dari $(P-E_t)$, atau baris ke (8), apabila nilainya lebih dari nol maka pada baris ke 8 dicantumkan, namun apabila nilai pada baris ke 8 kurang dari nol (<0) maka nilai *water surplus* sama dengan nol, misalkan pada bulan Januari tahun 1999 : $\text{Water surplus} = 523,237 \text{ mm/bulan.}$

4.3.4 Limpasan dan Tampungan Air Tanah (*Runn off & Groundwater Storage*)

a. Infiltrasi

Nilai infiltrasi diperoleh dengan mengalikan nilai koefisien infiltrasi dengan nilai *water surplus*, atau baris ke (12) di kali I, misalkan pada bulan Januari tahun 1999, Infiltrasi = $523,237 \times 0,4 = 209,295$ mm/bulan.

b. $0,5 \times (1+k) \times I$

Nilai $0,5 \times (1+k) \times I$ diperoleh dengan atau berdasarkan rumus tersebut, dimana koefisien k diperoleh / sudah ditentukan, sedangkan nilai I adalah nilai dari baris ke (13), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$0,5 \times (1+k) \times I = 0,5 \times (1+0,396) \times 209,295 = 146,088 \text{ mm/bulan.}$$

c. $k \times (v_{(n-1)})$

Nilai $k \times (v_{(n-1)})$ diperoleh dengan mengalikan koefisien k dengan *storage volume* pada bulan yang sebelumnya, misalkan pada bulan Januari tahun 1999, $k \times (v_{(n-1)}) = 0,396 \times 146,088 = 57,851$ mm/bulan.

d. Volume tampungan (*Storage Volume*)

Nilai volume tampungan (*storage volume*) adalah nilai yang diperoleh dengan menjumlahkan nilai $0,5 \times (1+k) \times I$ dengan nilai $k \times (v_{(n-1)})$, atau baris ke (14) + (15), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$\text{Volume tampungan} = 146,088 + 57,851 = 203,939 \text{ mm/bulan.}$$

e. $\Delta V_n = V_n - V_{(v-1)}$

Nilai ΔV_n diperoleh dengan menggunakan volume tampungan (*storage volume*) pada bulan yang ditinjau (bulan sekarang) dengan *storage volume* pada bulan sebelumnya, misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$\Delta V_n = 203,939 - 130 = 73,939 \text{ mm/bulan.}$$

f. Aliran Dasar (*Base flow*)

Nilai aliran dasar (*base flow*) diperoleh dengan mengurangi nilai infiltrasi dengan nilai ΔV_n , atau baris (13) – (17), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

commit to user

$$\text{Base flow} = 209,295 - 73,939 = 135,356 \text{ mm/bulan.}$$

g. Limpasan Langsung (*Direct Run off*)

Nilai limpasan langsung (*direct run off*) diperoleh dengan mengurangi nilai *water surplus* dengan nilai infiltrasi, atau baris (12) – (13), misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$\text{Direct run off} = 523,237 - 209,295 = 313,942 \text{ mm/bulan.}$$

h. Limpasan (*Run off*)

Nilai limpasan (*Run off*) diperoleh dengan menjumlahkan nilai aliran dasar (*base flow*) dengan nilai limpasan langsung (*direct run off*), atau baris ke (18) + (19), misalkan pada bulan Januari tahun 1999, $\text{Run off} = 135,356 + 313,942 = 449,299 \text{ mm/bulan}$

4.3.5 Debit Efektif (*Effective discharge*)

Nilai debit efektif (*effective discharge*) diperoleh dengan membagi nilai limpasan (*run off*) dengan luas *catchment area* (CA) dan mengalikannya dengan konversi satuan dari mm/bulan menjadi m³/detik, misalkan pada bulan Januari tahun 1999 :

$$\begin{aligned} \text{Debit efektif} &= ((449,299 \times 0,001) / (3600 \times 24 \times 31)) \times (205,526 \times 10^6) \\ &= 34,477 \text{ m}^3/\text{detik.} \end{aligned}$$

Perhitungan debit bulanan dengan metode Mock selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.4 Rekapitulasi Debit Bulanan Metode Mock (*Effective Discharge*)

Setelah menghitung debit andalan DAS Bengawan Solo Hulu tiga dengan Metode Mock, didapat hasil *effective discharge* setiap bulannya yang bisa dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Rekapitulasi Debit Bulanan Metode Mock (*Effective Discharge*)

Bulan Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1999	34.48	31.01	15.29	6.71	2.56	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	10.39	18.21
2000	14.00	29.84	18.44	5.11	2.51	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	12.12	19.07
2001	21.47	22.81	20.09	13.49	2.87	2.07	1.28	0.00	0.00	0.00	1.22	0.75
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	9.25
2003	5.55	17.62	10.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
2004	7.57	13.80	8.85	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	4.29	8.19	9.93	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28
2006	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	7.33	4.53	10.46	7.36	0.28	0.00	11.79
2007	7.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.19
2008	13.52	17.82	17.23	5.34	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	6.95	18.60	15.46	13.00	15.52	10.31	9.98	9.98	10.31	9.98	16.18	9.98
2010	4.19	9.18	26.97	16.35	0.57	0.00	0.00	0.00	4.39	2.72	8.62	10.09
2011	26.99	39.88	23.65	18.28	13.36	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	7.29	5.88

4.4.1 Perhitungan Probabilitas Q_{70} , Q_{80} , dan Q_{90}

Langkah – langkah dalam perhitungan probabilitas debit andalan adalah sebagai berikut :

- Membuat tabel akumulasi yang berisi data nilai *effective discharge* dari semua tahun (1999 – 2011) seperti pada tabel 4.3 diatas,
- Mengurutkan data nilai *effective discharge* mulai dari yang terbesar ke terkecil dan membuat probabilitasnya sebagai interpolasi.

$$\text{➤ Probabilitas} = \frac{m}{n+1} \times 100$$

Dimana m = tahun yang ditinjau

n = Jumlah tahun yang ditinjau

misalkan :

$$\text{Probailitas } Q_{80} \text{ tahun pertama} = \frac{1}{13+1} \times 100 = 7,14$$

$$\text{Probabilitas } Q_{80} \text{ tahun kedua} = \frac{2}{13+1} \times 100 = 14,29$$

$$\text{Probabilitas } Q_{80} \text{ tahun ke tiga} = \frac{3}{13+1} \times 100 = 21,43$$

$$\text{Probabilitas } Q_{80} \text{ tahun keempat} = \frac{4}{13+1} \times 100 = 28,57$$

Dan seterusnya menggunakan rumus yang sama dengan nilai m yang berbeda.

c. Menghitung nilai rerata debit efektif (*effective discharge*) tiap bulan dan nilai standart deviasi (sd).

d. Menentukan nilai Q_{80} (Debit andalan) dengan rumus, misalkan pada bulan Januari :

$$\begin{aligned} Q_{80} \text{ rumus} &= \text{Rata - rata} - (0,281 \times \text{sd}) \\ &= 11,383 - (0,281 \times 10,422) \\ &= 8,455 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Apabila hasil perhitungan kurang dari nol atau minus maka nilai Q_{80} rumus dicantumkan nol.

e. Menentukan Q_{80} real dengan interpolasi dan probabilitas 80%. Nilai Q_{80} real diperoleh dari nilai *effective discharge* pada probabilitas 80%, jika ternyata probabilitas yang ke 80% tidak tercantum maka perlu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan probabilitas Q_{80} .

f. Membuat grafik debit andalan Dr.F.j.Mock, grafik yang dibuat adalah berdasarkan nilai Q_{80} rumus dan Q_{80} real, diperbandingkan karakteristiknya.

g. Membuat kurva debit andalan dengan menggunakan akumulasi tahun 1999 – 2011.

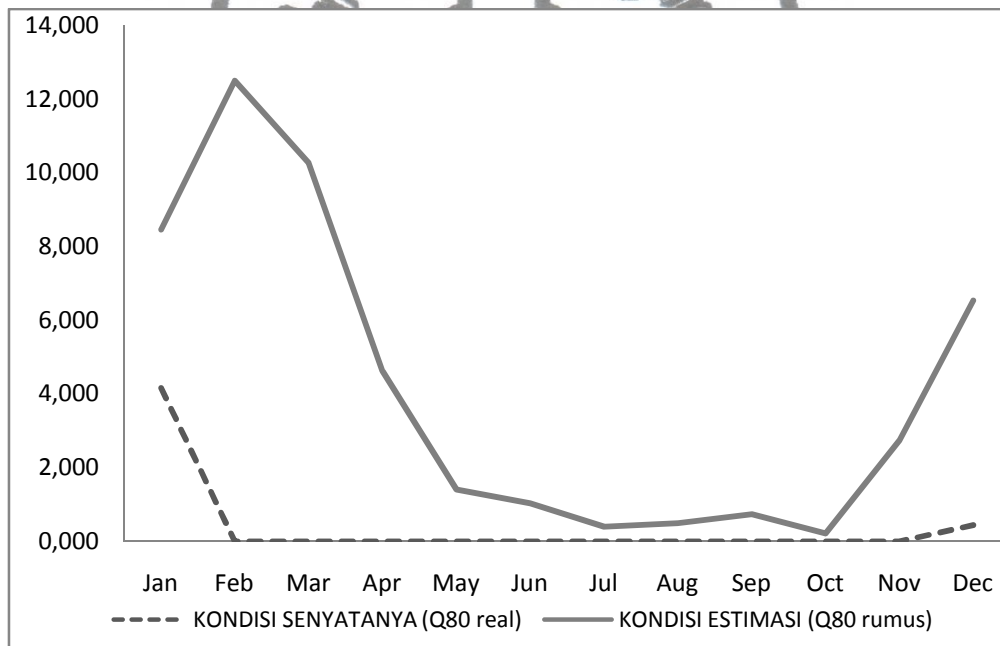
Tabel 4.4 Probabilitas Debit Andalan Q_{80} Metode Basic Month di Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3

Probabilitas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
7.14	34.48	39.88	26.97	18.28	15.52	10.31	9.98	10.46	10.31	9.98	16.18	19.07
14.29	26.99	31.01	23.65	16.35	13.36	7.33	4.53	9.98	7.36	2.72	12.12	18.21
21.43	21.47	29.84	20.09	13.49	2.87	4.17	1.28	0.00	4.39	0.28	10.39	16.19
28.57	14.00	22.81	18.44	13.00	2.56	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	8.62	11.79
35.71	13.52	18.60	17.23	6.71	2.51	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	7.29	10.09
42.86	7.57	17.82	15.46	5.34	0.57	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	9.98

Bersambung dihalaman selanjutnya.

Sambungan dari halaman sebelumnya

50.00	7.53	17.62	15.29	5.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	9.25
57.14	6.95	13.80	10.16	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88
64.29	5.55	9.18	9.93	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
71.43	4.29	8.19	8.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28
78.57	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
85.71	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
92.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata ²	11.38	16.06	12.77	6.48	2.88	1.97	1.21	1.57	1.70	1.00	4.36	8.41
Sd	10.42	12.67	8.94	6.64	5.27	3.33	2.92	3.84	3.44	2.80	5.77	6.70
Q ₈₀ (rumus)	8.45	12.50	10.26	4.62	1.40	1.03	0.39	0.49	0.73	0.21	2.74	6.53
Q ₈₀ (real)	4.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45



Grafik 4.1 Debit Andalan Metode Dr. FJ. Mock (Q₈₀)

Tabel 4.5 Probabilitas Debit Andalan Q_{70} Metode Basic Month di Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3

Probabilitas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
7.14	34.48	39.88	26.97	18.28	15.52	10.31	9.98	10.46	10.31	9.98	16.18	19.07
14.29	26.99	31.01	23.65	16.35	2.87	7.33	4.53	9.98	7.36	2.72	12.12	18.21
21.43	21.47	29.84	20.09	13.49	2.56	4.17	1.28	0.00	4.39	0.28	10.39	16.19
28.57	14.00	22.81	18.44	13.00	2.51	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	8.62	11.79
35.71	13.52	18.60	17.23	6.71	1.68	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	10.09
42.86	7.57	17.82	15.46	5.34	0.57	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	9.98
50.00	7.53	17.62	15.29	5.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	9.25
57.14	6.95	13.80	10.16	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88
64.29	5.55	9.18	9.93	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
71.43	4.29	8.19	8.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28
78.57	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
85.71	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
92.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata ²	11.38	16.05	12.77	6.48	1.98	1.96	1.21	1.57	1.69	0.99	4.01	8.41
Sd	10.42	12.67	8.938	6.63	4.22	3.32	2.92	3.83	3.44	2.79	5.71	6.69
Q_{70} (real)	4.53	8.38	9.06	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00

Tabel 4.6 Probabilitas Debit Andalan Q_{90} Metode Basic Month di Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3

Probabilitas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
7.14	34.48	31.01	26.97	18.28	15.52	10.31	9.98	10.46	10.31	9.98	16.18	19.07
14.29	26.99	29.84	20.09	16.35	13.36	7.33	4.53	9.98	7.36	2.72	12.12	18.21
21.43	21.47	22.81	18.44	13.49	2.87	4.17	1.28	2.48	4.39	0.28	10.39	16.19
28.57	14.00	18.60	17.23	13.00	2.56	2.07	0.00	0.00	4.22	0.00	8.62	11.79
35.71	13.52	17.82	15.46	6.71	2.51	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	7.29	10.09
42.86	7.57	17.62	15.29	5.34	0.57	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	9.98
50.00	7.53	13.80	10.16	5.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	9.25
57.14	6.95	9.18	9.93	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88
64.29	5.55	8.19	8.85	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
71.43	4.29	4.49	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28
78.57	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
85.71	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Bersambung dihalaman selanjutnya *commit to user*

Sambungan dari halaman sebelumnya

92.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata2	11.38	13.34	11.32	6.48	2.88	1.97	1.21	1.76	2.02	1.00	4.36	8.41
Sd	10.42	10.79	8.55	6.64	5.27	3.33	2.92	3.82	3.47	2.80	5.77	6.70
Q90 (real)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.5 Perhitungan Kebutuhan Air

Kebutuhan air irigasi dengan maksud untuk menentukan besarnya debit air yang akan dipakai mengairi lahan di daerah irigasi. Debit air ini digunakan sebagai dasar perencanaan jaringan irigasi.

Kebutuhan air di sawah untuk padi dan palawija ditentukan oleh faktor – faktor :

1. Penyiapan lahan,
2. Penggunaan konsumtif,
3. Perkolasi dan rembesan,
4. Penggantian lapisan air,
5. Curah hujan efektif.

Curah hujan efektif diperhitungkan dalam mencari kebutuhan air di sawah, demikian juga efisiensi tercakup didalam hitungan tersebut. Data yang diperlukan untuk perhitungan kebutuhan air adalah :

1. Data klimatologi

Data klimatologi diambil dari stasiun yang terdekat dengan daerah tangkapan hujan sungai bengawan Solo yaitu stasiun klimatologi adi soemarmo Surakarta yang terletak pada 07⁰52' LS dan 110⁰55' BT dengan elevasi +104 m di atas permukaan air laut (dpl). Data klimatologi yang diambil minimal 10 tahun. Data klimatologi yang diperlukan meliputi :

- Suhu udara bulanan rerata (°C) = Tahun 1999 – 2011
- Kelembaban udara relatif bulanan rerata (%) = Tahun 1999 – 2011
- Kecepatan angin bulanan rerata (m/det) = Tahun 1999 – 2011
- Penyinaran matahari bulanan rerata (%) = Tahun 1999 – 2011

Mengenai data klimatologi ini, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran Data Klimatologi.

2. Data curah hujan

Data curah hujan diambil dari stasiun hujan terdekat yaitu dari perusahaan Umum Jasa Tirta 1 dan Dinas Pengairan, Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Wonogiri. Perhitungan curah hujan bulanan rerata, dihitung curah hujan efektif 20% kering bulanan dengan pendekatan distribusi normal, misalkan pada bulan Januari sebagai berikut :

$$R_{80} \text{ bulanan} = \bar{x} + k \times Sd$$

$$R_{80} \text{ bulanan} = 221,194 + -0,842 \times 219,165$$

$$R_{80} \text{ bulanan} = 36,657 \text{ mm.}$$

$$R_{80} \text{ harian} = 36,657 / 31 = 1,182 \text{ mm}$$

4.5.1 Kebutuhan Air Untuk Pertumbuhan

1. Evapotranspirasi Potensial (Eto)

Evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan adalah rerumputan pendek (albedo = 0,25).

Eto adalah kondisi evaporasi berdasarkan keadaan meteorologi temperatur, lama penyinaran matahari (radiasi), kelembaban, dan angin.

Evapotranspirasi Penman dihitung dengan menggunakan rumus – rumus teoritis dan memperhatikan faktor – faktor meteorologi. Hitungan Eto dibuat secara bulanan dengan menggunakan metode PENMANN MODIFIKASI, mengikuti metode yang direkomendasikan oleh NEDECO/PROSIDA seperti diuraikan di dalam PSA-010 : *Crop Waer Requirement*, Bina Program, Dirjen Pengairan, 1985.

4.6 Perhitungan Kebutuhan air selama pengolahan lahan dan penggantian lapisan air

4.6.1 Kebutuhan Air Irigasi Untuk Padi

- a. Evapotranspirasi (Eto), pada perhitungan kebutuhan air irigasi untuk padi evapotranspirasi didapat dari perhitunagan PENMANN MODIFIKASI dalam mm/hari, misalkan pada bulan Januari adalah 3,44 mm/hari.
- b. Nilai Eo didapat dari perkalian evapotranspirasi (Eto) dengan 1,1 misalkan pada bulan Januari $Eo = 3,404 \times 1,1 = 3,745$ mm/hari,
- c. Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, yaitu tekstur tanah dan struktur tanah yang dipengaruhi oleh kedalaman air tanah. Besarnya perkolasi diambil berdasarkan pedoman dari PSA-010 dalam perhitungan ini adalah menggunakan nilai perkolasi sebesar 1,5 mm/hari,
- d. Nilai Rh adalah sama dengan hujan (20% kering) yaitu didapat dari perhitungan curah hujan, misalkan pada bulan Januari $Rh = R_{80} = 1,82$ mm/hari.
- e. Faktor hujan dengan 1 golongan tiap 10 hari (fh)

Nilai Fh diperoleh berdasarkan tabel faktor hujan untuk 1 golongan, misalkan pada bulan Januari :

1. $0,36 \times 1,18 = 0,43$ mm/hari
2. $0,70 \times 1,18 = 0,83$ mm/hari
3. $0,40 \times 1,18 = 0,47$ mm/hari
4. $0,40 \times 1,18 = 0,47$ mm/hari
5. $0,40 \times 1,18 = 0,47$ mm/hari
6. $0,40 \times 1,18 = 0,47$ mm/hari
7. $0,40 \times 1,18 = 0,47$ mm/hari
8. $0 \times 1,18 = 0$ mm/hari

f. Koefisien tanaman (Kc)

Nilai Kc diperoleh berdasarkan tabel koefisien tanaman untuk padi, nilai Kc digunakan untuk menghitung nilai Etc, misalkan pada bulan Januari :

1. $1,20 \times 3,40 = 4,08 \text{ mm/hari}$
2. $1,27 \times 3,40 = 4,32 \text{ mm/hari}$
3. $1,33 \times 3,40 = 4,52 \text{ mm/hari}$
4. $1,30 \times 3,40 = 4,42 \text{ mm/hari}$
5. $1,15 \times 3,40 = 3,91 \text{ mm/hari}$
6. $0,00 \times 3,40 = 0,00 \text{ mm/hari}$

g. Pengolahan Tanah minggu ke 1

LP yaitu kebutuhan air untuk penjemuran, menggunakan tabel zilstra 250mm dengan mengacu pada Eo + p, misalkan pada bulan Januari nilai LP diperoleh 12,020.

$$LP - Re.1 = 12,020 - 0,426 = 11,594 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 11,594 \times 0,116 = 1,345 \text{ Lt/detik/ha}$$

h. Pengolahan tanah 2minggu ke dua

$$LP - Re ke.2 = 12,020 - 0,828 = 11,192 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 11,192 \times 0,116 = 1,298 \text{ Lt/detik/ha}$$

i. Kebutuhan air dua minggu pertama

$W = 3,33 \text{ mm/hari}$, adalah nilai untuk penggantian lapisan air sebanyak 50mm selama dua minggu.

$$Etc.1 - Re.3 + p + w = 4,085 - 0,473 + 1,5 + 3,33 = 8,442 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 8,442 \times 0,116 = 0,979 \text{ lt/detik/ha}$$

j. Kebutuhan air dua minggu kedua

$$Etc.2 - Re.4 + p + w = 4,324 - 0,473 + 1,5 + 3,33 = 8,681 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 8,681 \times 0,116 = 1,007 \text{ lt/detik/ha}$$

k. Kebutuhan air minggu ketiga

$$\begin{aligned} \text{Etc.3} - \text{Re.5} + p + w &= 4,528 - 0,473 + 1,5 + 3,33 = 8,885 \text{ mm/hari} \\ A \times 0,116 &= 8,885 \times 0,116 = 1,031 \text{ lt/detik/ha} \end{aligned}$$

l. Kebutuhan air minggu ke empat

$$\begin{aligned} \text{Etc.4} - \text{Re.6} + p + w &= 4,426 - 0,473 + 1,5 + 3,33 = 8,783 \text{ mm/hari} \\ A \times 0,116 &= 8,783 \times 0,116 = 1,019 \text{ lt/detik/ha} \end{aligned}$$

m. Kebutuhan air minggu kelima

$$\begin{aligned} \text{Etc.5} - \text{Re.7} + p + w &= 3,915 - 0,473 + 1,5 + 3,33 = 8,272 \text{ mm/hari} \\ A \times 0,116 &= 8,272 \times 0,116 = 0,960 \end{aligned}$$

n. Kebutuhan air minggu ke enam

$$\begin{aligned} \text{Etc.6} - \text{Re.8} + p + w &= 0,00 - 0,00 + 1,5 + 3,33 = 4,830 \text{ mm/hari} \\ A \times 0,116 &= 4,830 \times 0,116 = 0,560 \text{ lt/detik/ha} \end{aligned}$$

4.6.2 Penyiapan lahan untuk palawija / pengolahan tanah

a. Nilai E_o didapat seperti pada perhitungan untuk padi, misalkan pada bulan Januari:

$$\begin{aligned} E_o &= 1,1 \times E_{to} \\ &= 1,1 \times 3,40 \\ &= 3,745 \text{ mm/hari.} \end{aligned}$$

b. Curah hujan efektif untuk palawija

- Hujan bulanan (20% kering)

Hujan bulanan (20% kering) diperoleh dari perhitungan curah hujan efektif bulanan rerata, misalkan pada bulan Januari = 36,657 mm/bulan.

- *Etcrop* rerata bulanan

Nilai *Etc* rerata bulanan diperoleh dengan rumus $Etc = E_{to} \times c \times n$ misalkan pada bulan Januari, $Etc = 121,369$ mm/bulan.

- Faktor tampungan

Nilai factor tampungan diperoleh berdasarkan tabel faktor tampungan (KP-01). Nilai faktor tampungan diambil berdasarkan nilai Etc rerata bulanan, faktor tampunganya 1,06.

- Hujan efektif bulanan

Nilai hujan efektif bulanan diperoleh dari tabel faktor koreksi tanaman yang mengacu pada Etc rerata bulanan dan curah hujan bulanan rerata dengan cara interpolasi, misalkan pada bulan Januari 28,474 mm.

- Koreksi hujan efektif

Nilai koreksi hujan efektif diperoleh dengan mengalikan nilai faktor tampungan dengan hujan efektif bulanan, misalkan pada bulan Januari = $1,06 \times 28,474 = 30,182$ mm.

- Re (curah hujan efektif)

Nilai Re diperoleh dengan cara membagi nilai koreksi hujan efektif dengan jumlah hari dalam satu bulan, misalkan pada bulan Januari = $30,182/31 = 0,974$ mm/hari.

c. Evapotranspirasi tanam (Etc)

Nilai Etc diperoleh dengan mengalikan nilai Kc (dari tabel koefisien tanaman untuk palawija jenis jagung) dengan nilai Eo, misalkan pada bulan Januari :

$$\text{Etc} = \text{Kc} \times \text{Eo} \times 1,15$$

1. $0,50 \times 3,74 \times 1,15 = 2,15$ mm/hari
2. $0,59 \times 3,74 \times 1,15 = 2,54$ mm/hari
3. $0,96 \times 3,74 \times 1,15 = 4,13$ mm/hari
4. $1,05 \times 3,74 \times 1,15 = 4,52$ mm/hari
5. $1,02 \times 3,74 \times 1,15 = 4,39$ mm/hari
6. $0,95 \times 3,74 \times 1,15 = 4,09$ mm/hari

commit to user

- d. Pengolahan tanah 50 mm selama dua minggu

IR diperoleh dari hasil perhitungan air selama pengolahan tanah untuk palawija misalkan pada bulan Januari IR = 6,710 mm/hari

$$IR - R.t = 6,710 - 0,974 = 5,736 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 5,736 \times 0,116 = 0,665 \text{ lt/det/ha.}$$

- e. Kebutuhan air dua minggu ke Satu

$$Etc.1 - Re.t = 2,153 - 0,974 = 1,180 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 1,180 \times 0,116 = 0,137 \text{ lt/det/ha.}$$

- f. Kebutuhan air dua minggu kedua

$$Etc.2 - Re.t = 2,541 - 0,974 = 1,567 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 1,567 \times 0,116 = 0,182 \text{ lt/det/ha.}$$

- g. Kebutuhan air dua minggu ketiga

$$Etc.3 - Re.t = 4,134 - 0,974 = 3,161 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 3,161 \times 0,116 = 0,367 \text{ lt/det/ha}$$

- h. Kebutuhan air dua minggu keempat

$$Etc.4 - Re.t = 4,522 - 0,974 = 3,548 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 3,548 \times 0,116 = 0,412 \text{ lt/det/ha}$$

- i. Kebutuhan air dua minggu kelima

$$Etc.5 - Re.t = 4,393 - 0,974 = 3,419 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 3,419 \times 0,116 = 0,397 \text{ lt/det/ha}$$

- j. Kebutuhan air dua minggu keenam

$$Etc.6 - Re.t = 4,091 - 0,974 = 3,118 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 3,118 \times 0,116 = 0,362 \text{ lt/det/ha}$$

4.6.3 Realisasi pola tanam yang ada untuk bulan November

1. Luas tanam = 3216,376 ha
2. Pola dan kalender tanam memakai jenis tanaman padi – padi – palawija.

3. Kebutuhan air dipetak sawah 0,703 lt/det/ha nilai ini diperoleh dari setengah bulan kering dan setengah bulan pengolahan tanah padi.
4. Debit kebutuhan air dipetak sawah = 2,260 m³/detik, diperoleh dengan mengkonversikan satuan lt/det/ha menjadi m³/detik.
5. Kebutuhan air disaluran tersier = 0,826 lt/det/ha nilai diperoleh dengan mengalikan koefisien saluran tersier 1,18 dengan nilai kebutuhan air dipetak sawah = 0,703 lt/det/ha.
6. Kebutuhan air disaluran sekunder = 0,978 lt/det/ha, nilai diperoleh dengan mengalikan koefisien saluran sekunder 1,18 dengan kebutuhan air disaluran tersier = 0,826 lt/det/ha.
7. Kebutuhan air di saluran primer = 1,086 lt/det/ha, nilai diperoleh dari hasil perkalian koefisien saluran primer = 1,11 dengan kebutuhan air di saluran sekunder = 0,978 lt/det/ha.
8. Debit kebutuhan air untuk 1 golongan disalurkan primer = 3,492 m³/det, nilai diperoleh dengan mengkonversikan satuan lt/det/ha menjadi m³/det pada kebutuhan air disaluran primer.
9. Debit andalan = 2,745 m³/det, nilai diperoleh dari perhitungan debit andalan Metode F.J.Mock.
10. Keandalan = $\frac{\text{Debit andalan (m}^3/\text{det)}}{\text{debit kebutuhan air disaluran primer (m}^3/\text{det)}} \times 100\% = 78,604\%$

(apabila nilai keandalan > 100, maka diambil keandalan 100%).

Dari hasil perhitungan analisis maka dapat dilihat pada tabel rencana pola tanam dan grafik perbandingan kebutuhan air dengan ketersediaan air seperti berikut:

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi 80% (Q_{80}) digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada model pola tanam daerah irigasi,
2. Ketersediaan air di daerah Baturetno dan Watugede yaitu mengalami defisit air pada bulan April sebesar $1,289 \text{ m}^3/\text{detik}$, Mei sebesar $3,980 \text{ m}^3/\text{detik}$, Juni sebesar $4,234 \text{ m}^3/\text{detik}$, Juli sebesar $2,925 \text{ m}^3/\text{detik}$, Agustus sebesar $1,287 \text{ m}^3/\text{detik}$, September sebesar $3,094 \text{ m}^3/\text{detik}$, Oktober sebesar $3,460 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan November sebesar $0,747 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan pada bulan basah ketersediaan air adalah surplus pada bulan Januari sebesar $3,389 \text{ m}^3/\text{detik}$, Februari sebesar $8,398 \text{ m}^3/\text{detik}$, Maret sebesar $5,625 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan bulan Desember sebesar $1,144 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga ketersediaan air di daerah Baturetno dan Watugede ini merupakan daerah kekurangan air / gersang dan perlu adanya pembenahan irigasi.

5.2. Saran

Dalam analisa neraca air yang ada pada penelitian dalam Tugas Akhir ini terbatas pada lingkup bahasan yang diambil, oleh karena itu penulis dapat memberikan saran yaitu dengan melihat dari perhitungan yang ada maka di Sta watugede dan Baturetno diperlukan adanya pembangunan sebuah waduk untuk penyimpanan air pada saat kondisi surplus dan dialirkan pada saat memasuki bulan kering guna untuk memenuhi kebutuhan air khususnya untuk pertanian.

PENUTUP

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah menyertai penyusun, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan pengalaman yang tidak ternilai harganya bagi penyusun, banyak pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh.

Penelitian ketersediaan air ini adalah penelitian pertama yang penyusun buat, maka penelitian ketersediaan air ini masih sangat terbatas dan sederhana serta masih banyak hal – hal yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut.

Hanya inilah yang baru dapat penulis susun dan tentunya masih banyak kekurangan dan kesalahan. Namun penyusun berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Dan akhirnya penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dalam membuat Laporan Tugas Akhir ini,