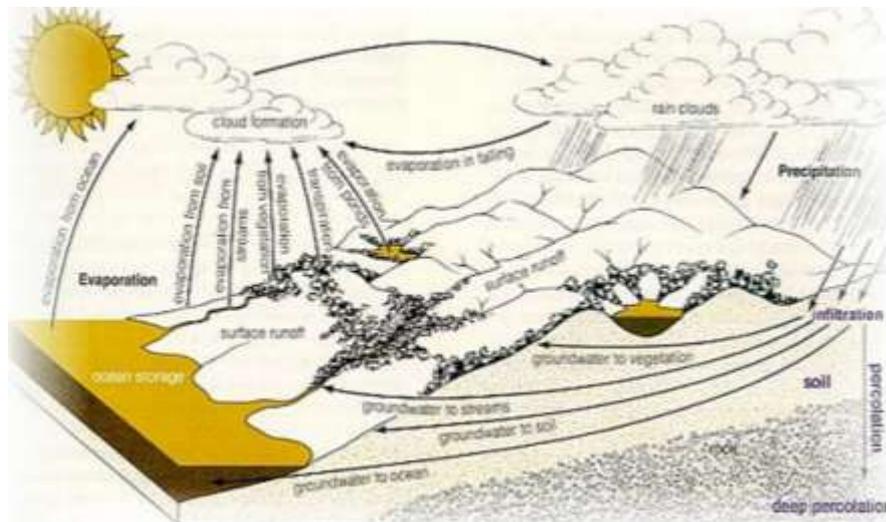


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

Air merupakan materi penunjang kehidupan manusia. Air tidak selalu cair namun dapat berwujud padat (es) dan gas (uap air). Menurut Darmadi (2017) hidrologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah ketersediaan, keberadaan, serta pergerakan air di alam ini baik di udara, darat, laut, maupun air dalam tanah. Maka bisa diketahui bahwa air selalu berubah bentuk secara berturut-turut sesuai dengan kondisi sekitarnya.



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi

Sumber: Linsey, 1989

Siklus hidrologi adalah proses pengeluaran dan perubahan air menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung secara terus-menerus. Akibat panas dari cahaya matahari sehingga air akan menguap menjadi uap air dari tanah, sungai, waduk, laut, sungai, kolam, sawah dan lainnya (Soedibyo, 2003). Siklus hidrologi diawali dengan penguapan air laut. Uap air yang dihasilkan terbawa oleh udara yang bergerak. Apabila uap tersebut semakin jenuh sehingga terjadi kondensasi membentuk awan yang menghasilkan presipitasi. Air hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tanah lalu dikembalikan ke atmosfer melalui penguapan (evaporasi) dan transpirasi oleh tanaman. Sebagian lagi mencari jalan di permukaan tanah menuju sungai, laut, dan danau hingga meresap ke dalam tanah yang menjadi

bagian dari air tanah (*groundwater*). Gaya gravitasi juga mempengaruhi aliran air di permukaan (*surface streamflow*) dan air dalam tanah sehingga bergerak ke tempat yang lebih rendah (Linsey, 1989). Penjelasan di atas dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Pada umumnya, air mengalir dari daerah tinggi ke rendah, dari daerah pegunungan, melewati lembah, hingga bermuara di laut. Aliran ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di permukaan tanah menuju sungai, danau, maupun waduk. Sebagian air permukaan lainnya meresap ke tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi. Infiltrasi merupakan proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah namun tidak mencapai muka air tanah (*groundwater*). Sedangkan perkolasi adalah proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah yang terus berlanjut hingga mencapai muka air tanah (*groundwater*). Ketika muka air tanah sudah jenuh, alirannya dapat dilanjutkan hingga menuju sungai maupun laut (Soewarno, 1991).

Menurut Darmadi (2017) siklus hidrologi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Siklus Pendek

Siklus pendek merupakan proses peredaran air dengan jangka waktu yang relatif cepat. Siklus pendek terjadi saat air laut mengalami evaporasi, kemudian uap air mengalami kondensasi sehingga membentuk awan. Awan yang jenuh kemudian akan berubah menjadi hujan (presipitasi) dan turun di atas laut.

2. Siklus Sedang

Air laut mengalami evaporasi menghasilkan uap air yang terbawa oleh angin ke daratan. Pada ketinggian tertentu uap air yang terkumpul mengalami kondensasi. Apabila uap air yang berubah menjadi awan jenuh maka akan terjadi hujan. Air hujan jatuh di daratan kemudian mengalir ke parit, selokan sungai, danau, dan bermuara ke laut.

3. Siklus Panjang

Air laut mengalami evaporasi, lalu terbawa angin ke daratan dan bergabung dengan uap air yang berasal dari sumber air lainnya dan hasil transpirasi tumbuhan yang kemudian mengalami kondensasi menjadi awan. Ketika jenuh maka awan turun menjadi hujan (presipitasi). Air hujan yang jatuh sebagian meresap ke dalam tanah (infiltrasi), diserap oleh tumbuhan, serta bagian lainnya mengalir menuju parit, sungai, danau, dan berakhir di laut.

2.2. Analisis Curah Hujan Rata-Rata Metode Aljabar

Dalam menentukan rata – rata curah hujan salah satunya menggunakan Metode Aljabar. Tinggi rata-rata curah hujan diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan pada tiap pos penakar hujan di daerah tersebut. Curah hujan rerata daerah metode rata-rata aljabar dapat dihitung dengan Persamaan (2.1) sebagai berikut (Soemarto, 1999).

$$\bar{R} = \frac{R_1+R_2\dots+R_n}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

\bar{R} = Hujan rata-rata DAS (mm)

n = Jumlah stasiun

$R_1\dots R_n$ = Tinggi curah hujan pada tiap stasiun (mm)

2.3. Irigasi

Secara umum definisi irigasi yaitu pemberian air ke bawah tanah untuk keperluan penyediaan air tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (V.E. hansel, 1986). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006 mengenai Irigasi menyatakan bahwa irigasi adalah suatu usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian. Sedangkan sistem irigasi adalah upaya manusia untuk mengelola distribusi air yang terdapat dalam saluran alamiah dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk memodifikasi seluruh atau sebagian air untuk keperluan produksi tanaman pertanian (Small dan Svendsen, 1995).

2.3.1. Jenis-Jenis Irigasi

Dalam perkembangannya terdapat 4 jenis saluran irigasi yang biasa digunakan berdasarkan proses penyediaan, pemberian, pengelolaan, dan pengaturan air yaitu:

1. Irigasi Gravitasi

Sistem irigasi ini memanfaatkan energi gravitasi untuk mengalirkan air. Bentuk ini tidak perlu tambahan energi untuk mengalirkan air hingga ke petak sawah.

2. Irigasi Bawah Tanah

Pengairan dilakukan di permukaan. Saluran yang ada pada sisi petak sawah akan mengalirkan air melalui pori-pori tanah sehingga air akan sampai ke akar tanaman.

3. Irigasi Siraman

Air disemprotkan ke petak sawah melalui jaringan pipa dengan bantuan pompa air. Penggunaan air akan lebih efektif dan efisien karena dapat dikontrol dengan sangat mudah.

4. Irigasi Tetesan

Sistem ini serupa dengan irigasi siraman. Namun air akan langsung ditetaskan atau disemprotkan ke bagian akar. Pompa dibutuhkan hanya untuk mengalirkan air.

2.3.2. Klasifikasi Irigasi

Klasifikasi irigasi didasarkan pada cara pengaturan, pengukuran, serta kelengkapan fasilitas yang dikelompokkan menjadi tiga yaitu jaringan irigasi sederhana, semi teknis, dan teknis seperti yang tercantum pada Tabel 2.1.

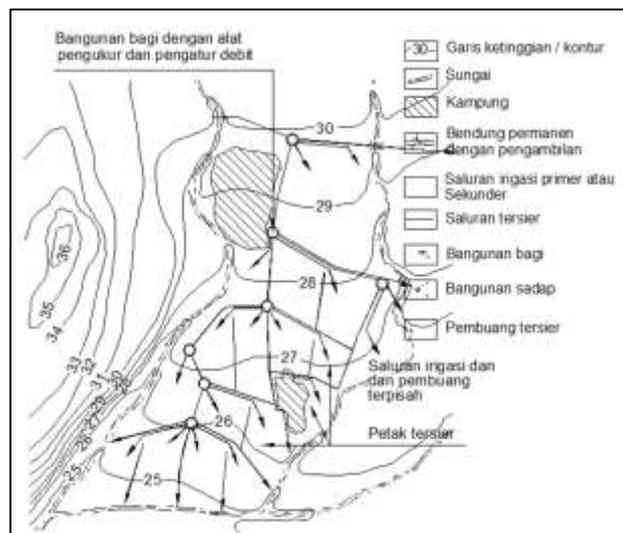
Tabel 2.1. Klasifikasi Jaringan Irigasi

No	Uraian	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi Teknis	Sederhana
1	Bangunan Utama	Bangunan Permanen	Bangunan Permanen atau semipermanen	Bangunan Sementara
2	Kemampuan Bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Buruk
3	Jaringan Saluran	Saluran Irigasi dan Pembuang Terpisah	Saluran Irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran Irigasi dan Pembuang jadi satu
4	Petak Tersier	Dikembangkan Seluruhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan

No	Uraian	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi Teknis	Sederhana
5	Efisiensi secara keseluruhan	50% - 60%	40% - 50%	<40%
6	Ukuran	Sesuai batasan	≤ 2000 Ha	< 500 Ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada keseluruh areal	Hanya sebagian areal	Cenderung tidak ada

Sumber: *Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01, 2013*

Berdasarkan Tabel 2.1 tersebut dapat dilihat bahwa untuk penunjang adanya kegiatan pertanian digunakan jaringan irigasi teknis. Jaringan ini lebih kompleks dimana antara saluran irigasi dan pembuang bekerja secara terpisah sehingga pembagian dan pembuangan air optimum. Terdapat petak tersier yang menjadi ciri khas pada jaringan teknis. Petak tersier kebutuhannya diserahkan kepada petani dan hanya perlu disesuaikan dengan saluran primer dan sekunder yang ada. Keuntungan jaringan ini adalah pemakaian yang efisien, menekan biaya perawatan, dan dibuat sesuai kebutuhan. Kelemahannya adalah biaya pembuatan yang mahal dan pengoperasian yang sulit. Berikut dapat dilihat pada Gambar 2.2 untuk irigasi teknis.



Tabel 2.2. Jaringan Irigasi Teknis
 Sumber: *Kriteria Perencanaan Irigasi 01, 2013*

2.3.3. Bagian-Bagian Irigasi

2.2.3.1. Petak Irigasi

Petak irigasi adalah petak sawah atau daerah yang akan dialiri oleh sumber air melalui bangunan pengambilan yang dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Petak Primer

Petak primer adalah gabungan dari beberapa petak sekunder yang dialiri oleh saluran primer. Dimana saluran primer menyadap air dari sumber air utama yang apabila saluran melewati daerah garis tinggi maka seluruh daerah yang berdekatan langsung dilayani saluran primer.

2. Petak Sekunder

Petak sekunder adalah petak yang terdiri dari beberapa petak tersier yang terhubung langsung dengan saluran sekunder. Petak sekunder mendapatkan air dari saluran primer yang airnya dibagi oleh bangunan bagi dan dilanjutkan oleh saluran sekunder.

3. Petak Tersier

Petak ini menerima air yang disadap dari saluran tersier. Karena luasnya yang kecil maka petak ini menjadi tanggung jawab individu untuk pengelolaannya. Idealnya daerah yang ditanami berkisar 50-100 Ha dengan panjang tidak lebih dari 1500 m.

2.2.3.2. Saluran Irigasi

Untuk mengalirkan dan mengeluarkan air dari petak sawah dibutuhkan suatu saluran irigasi. Saluran pembawa itu dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan fungsinya, saluran pembawa yang membawa air masuk ke petak sawah dan saluran pembuang yang akan mengalirkan kelebihan air dari petak-petak sawah, yaitu:

1. Saluran Pembawa

Saluran ini berfungsi untuk mengairi sawah dari daerah aliran air yang disadap. Berdasarkan urutan saluran pembawa dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Saluran Primer

Saluran ini merupakan saluran pertama yang menyadap air dari sumbernya (sungai, waduk, atau bendung) kemudian disalurkan ke saluran sekunder yang ada.

b. Saluran Sekunder

Air dari saluran primer akan disadap oleh saluran sekunder yang akan disalurkan lagi ke saluran tersier. Saluran sebaiknya dibuat memotong atau melintang terhadap garis tinggi tanah sehingga dapat membagi ke kedua sisi saluran.

c. Saluran Tersier

Merupakan urutan terendah yang berfungsi mengalirkan air yang disadap dari saluran sekunder dan dapat mengairi sekitar 75-125 Ha.

2. Saluran Pembuang

Saluran ini berfungsi membuang air yang telah digunakan maupun kelebihan air yang terjadi pada petak sawah. Umumnya saluran ini menggunakan saluran lembah dimana memotong garis tinggi sampai ketitik terendah daerah sekitar.

2.3. Analisis Ketersediaan Air Irigasi

Berdasarkan Kriteria Perencanaan Irigasi 01 (2013) ketersediaan air merupakan debit air yang diperkirakan terus-menerus di suatu lokasi berupa bendung atau bangunan air serta sungai dengan jumlah tertentu dalam jangka waktu atau periode tertentu pula. Ketersediaan air untuk irigasi tidak merata sepanjang tahun karena dipengaruhi oleh keadaan musim. Sehingga dalam pemanfaatan air perlu diketahui ketersediaannya agar distribusi air irigasi dapat optimal sepanjang tahun.

2.3.1. Ketersediaan Air di Lahan

Ketersediaan air di lahan yaitu air yang tersedia pada suatu lahan yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air pada lahan irigasi tersebut. Hal tersebut biasanya berasal dari dua sumber yaitu kontribusi air tanah dan curah hujan efektif. Berdasarkan Sosrodarsono (2003) dalam Priyonugroho (2014) bahwa curah hujan efektif ditentukan besarnya yaitu R_{80} merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebesar 80% atau kemungkinan dilampaui sebanyak 8 kali dari 10 kejadian. Sehingga besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} memiliki kemungkinan sekitar 20%. Persamaan probabilitas yang digunakan yaitu Metode *Weibull*:

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \tag{2.2}$$

Keterangan:

R_{80} = Probabilitas curah hujan 80%

m = Urutan data dari yang terbesar ke terkecil

n = Jumlah tahun data

Curah hujan efektif untuk tanaman padi adalah 70% dari curah hujan setengah bulanan yang terlampaui R_{80} dari periode waktu tersebut. Sedangkan untuk palawija sebesar 50% dari periode bulanan tersebut.

Pada tanaman padi, curah hujan efektif dihitung seperti persamaan:

$$Re \text{ padi} = 70\% \times \frac{1}{15} R_{80} \quad (2.3)$$

Pada tanaman palawija, curah hujan efektif dihitung seperti persamaan:

$$Re \text{ palawija} = 50\% \times \frac{1}{15} R_{80} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

R_{80} = Curah hujan dengan probabilitas 80% (KP-01, 2013)

2.3.2. Ketersediaan Air

Ketersediaan air yaitu air yang telah tersedia pada suatu bangunan pengambilan atau sungai guna mengairi lahan pertanian melalui sistem irigasi. Sistem irigasi yang memanfaatkan air sungai perlu diketahui ketersediaannya (debit andalan). Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan kemungkinannya terpenuhi air yang sudah ditentukan dapat digunakan untuk keperluan irigasi (KP-01, 2013).

2.4. Perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman Modifikasi

2.4.1. Evapotranspirasi

Menurut Prinugroho (2014) dalam Kurnianto dan Sutopo (2020) yaitu evapotranspirasi adalah hilangnya air melalui proses penguapan tumbuh-tumbuhan dengan jumlah yang berbeda-beda tergantung dari kadar kelembapan tanah dan jenis tumbuhannya.

2.4.2. Metode Penman Modifikasi

Menurut Soemarto (1999) Metode Penman memberikan hasil perhitungan dengan tingkat kesalahan lebih kecil untuk besarnya penguapan air (evaporasi). Hasil perhitungan dengan Metode Penman lebih dipercaya dibanding dengan metode perhitungan evaporasi potensial lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi pada metode ini, yaitu suhu atau temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, tekanan udara, curah hujan, dan sinar matahari. Besarnya nilai evaporasi ditentukan berdasarkan Metode Penman yang telah mengalami modifikasi. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya evaporasi.

$$ET_o = c \times [W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (ea - ed)] \quad (2.5)$$

Keterangan:

ET_o = Evapotranspirasi potensial harian (mm/hari)

W = Faktor temperatur dan suhu

R_n = Radiasi gelombang *netto* (mm/hari)

$$= 0,75 \times (R_s - R_{nl})$$

R_s = Radiasi gelombang pendek (mm/hari)

$$= (0,25 + 0,54 \times n/N) \times R_a$$

R_a = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luas

R_{nl} = Radiasi gelombang panjang (mm/hari)

$$= F(T) \times f(ed) \times f(n/N)$$

$F(T)$ = Fungsi suhu

$f(ed)$ = Fungsi tekanan uap

$$= 0,34 - 0,044\sqrt{ed}$$

ea = Tekanan uap jenuh

$f(n/N)$ = Fungsi kecepatan

$$= 0,1 + 0,9 \times n/N$$

ed = Tekanan uap aktual

$$= ea \times \frac{\text{Kelembapan efektif (RH)}}{100}$$

$f(u)$ = Fungsi kecepatan angin

$$= 0,27 \times \left(1 + \frac{U^2}{100}\right)$$

RH = Kelembapan udara relatif (%)

2.5. Analisis Debit Andalan

2.5.1. Metode Weibull

Untuk mengetahui ketersediaan air di sungai diperlukan beberapa informasi terkait perbedaan keragaman debit terhadap suatu kejadian dalam periode tertentu agar mengetahui gambaran terhadap berapa besaran jumlah air yang tersedia. Menurut Montarcih (2009) debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu.

Menurut Soemarto (1987) yaitu debit andalan digunakan sebagai patokan ketersediaan air. Peluang perhitungannya yaitu 80% dari debit *inflow* sumber air pada pencatatan dalam periode waktu tertentu berdasarkan Metode *Weibull*:

$$Pr = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

Pr = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

2.5.2. Metode FJ Mock

Menurut Mock (1973) dalam Apriani dkk. (2017) Metode F.J. Mock adalah metode yang memperkirakan keberadaan air berdasarkan konsep keseimbangan air (*water balance*). Keberadaan air yaitu besarnya debit suatu daerah aliran sungai yang dilihat dengan memperkiran hal-hal sebagai berikut:

1. Faktor Curah Hujan

Pada perumusan persamaannya dibutuhkan data jumlah hujan setengah bulanan dari jumlah hari hujan setengah bulan dalam periode waktu tertentu.

2. Faktor Evapotranspirasi

Evapotranspirasi menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan debit karena memberikan nilai yang signifikan terjadinya debit di suatu daerah aliran sungai. Evapotranspirasi yang digunakan adalah evapotranspirasi aktual dengan Metode Penman Modifikasi.

3. Faktor Singkapan Lahan Potensial

Ketersediaan air menurut metode ini memperhatikan tanaman penutup permukaan tanah (m) seperti yang tercantum dalam tabel dibawah ini. Semakin kering suatu lahan maka nilai m akan semakin besar yang diklasifikasikan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut. Pada penentuan koefisien ini digunakan Persamaan 2.7 berikut ini akibat penggunaan lahan pada DAS terkait berbeda beda. (Suripin dalam Tarigan, 2020)

$$C = \frac{\sum_i^i c \times A}{A_t} \quad (2.7)$$

Keterangan:

C = Koefisien pengaliran

c = Koefisien limpasan sub daerah pengaliran

A = Luas kawasan (m²)

A_t = Luas daerah pengaliran total(m²)

Tabel 2.2. Nilai Singkapan Lahan

Penggunaan Lahan	Nilai m (%)
Hutan Tropis	< 3
Hutan Produksi	5
Semak Belukar	7
Sawah-Sawah	15
Daerah Pertanian, Perkebunan	40
Daerah Permukiman	70
Jalan Aspal	95
Bangunan Padat	70-90
Bangunan Terpecah	30-70
Atap Rumah	70-90
Jalan Tanah	13-50
Lapis Keras Kerikil Batu Pecah	35-70
Lapis Keras Beton	70-90
Taman, Halaman	5-25
Tanah Lapang	10-30
Kebun, Ladang	0-20

Sumber: Soewarno, 2000

Tabel 2.3. Koefisien Singkapan Lahan

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien
1	Bisnis Perkotaan Pinggiran	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
2	Perumahan	

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien
	Rumah tunggal	0,30 - 0,50
	Multiunit terpisah	0,40 - 0,60
	Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
	Perkampungan	0,25 - 0,40
	Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
4	Atap	0,70 - 0,95
5	Halaman, Tanah Berpasir	
	Datar 2%	0,05 - 0,10
	Rata-rata 2 - 7%	0,10 - 0,15
	Curam 7%	0,15 - 0,20
6	Halaman Kereta Api	0,10 - 0,35
7	Taman Tempat Bermain	0,20 - 0,35
8	Taman, Pekuburan	0,10 - 0,25
9	Hutan	
	Datar, 0 - 5%	0,10 - 0,40
	Bergelombang, 5 - 10%	0,25 - 0,50
	Berbukit 10 - 30%	0,30 - 0,60

Sumber: Suripin, 2003

Pada Metode Mock, setelah menentukan evapotranspirasi potensial pada Penman selanjutnya menentukan evapotranspirasi terbatas dengan persamaan berikut ini.

$$E = ET_o \times \frac{m}{20} \times (18 - n) \quad (2.8)$$

$$ET = E_p - E \quad (2.9)$$

Keterangan:

E = Selisih evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (mm)

ET_o = Evapotranspirasi potensial Metode Penman (mm/hari)

m = Nilai singkapan lahan (%)

n = Jumlah hari hujan dalam sebulan

ET = Evapotranspirasi terbatas (mm)

E_p = Evapotranspirasi potensial (mm)

Lalu menentukan *water surplus* (WS) yaitu curah hujan yang telah berevapotranspirasi dan mengisi *soil storage* (SS) dengan persamaan berikut:

$$WS = (P - E_a) + SS \quad (2.10)$$

Dalam metode ini juga dipengaruhi oleh kelembapan tanah dengan persamaan berikut:

$$SMS = ISMS + (P - Ea) \quad (2.11)$$

dimana faktor SMC dan SS yaitu:

$$SS = 0, \text{ jika } P - Ea > 0$$

$$SS = -P - Ea, \text{ jika } P - Ea < 0$$

$$SMC = 200 \text{ mm/bulan, jika } P - Ea \geq 0$$

$$SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (P - Ea), \text{ jika } P - Ea < 0$$

Kemudian menentukan infiltrasi (i) dengan persamaan 2.12. Nilai batasan koefisien infiltrasi (if) sekitar 0 – 1.

$$i = WS \times if \quad (2.12)$$

Lalu menentukan *groundwater storage* (GS) dengan persamaan 2.13 dimana dipengaruhi oleh faktor resesi tanah (K) sebesar 0 – 1,0.

$$GS = [0,5 \times (1 + K)xi] + [K \times G_{Som}] \quad (2.13)$$

Kemudian *base flow* (BF) dengan persamaan berikut:

$$BF = i - \Delta GS \quad (2.14)$$

Keterangan:

$$\Delta GS = GS_n - GS_{(n-1)}$$

Lalu menentukan *direct run off* (DRO) dengan persamaan:

$$DRO = WS - i \quad (2.15)$$

Faktor penentu debit pada Mock yaitu *strom run off* (SRO) dengan persamaan:

$$SRO = P \times PF \quad (2.16)$$

dimana faktor presipitasi (P):

$$P > \text{maksimum nilai SMC} = 0$$

$$P < \text{maksimum nilai SMC} = P \times PF$$

Setelahnya ditentukan *total run off* (TRO) dengan persamaan:

$$TRO = BF + DRO + SRO \quad (2.17)$$

$$Q = \frac{A \times \frac{TRO}{1000}}{n \times 24 \times 3600} \quad (2.18)$$

2.5.3. Evaluasi Ketelitian Debit Andalan

Dalam menentukan ketelitian hasil simulasi debit dengan Metode FJ Mock perlu adanya evaluasi. Terdapat 3 metode korelasi untuk menentukan debit simulasi tersebut mendekati debit observasi atau tidak yaitu:

1. Koefisien Korelasi

Berdasarkan Soewarno (1995) dalam Suprayogi dkk (2012) koefisien korelasi adalah perbandingan nilai yang menunjukkan besaran nilai terkait hasil observasi yang tersedia dengan hasil simulasi. Persyaratan nilai korelasi dianggap tinggi yaitu lebih dari 0,75.

$$R = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N Q_{simulasi} - Q_{observasi}}{N-1}}{\sigma_{simulasi} - \sigma_{observasi}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$Q_{simulasi}$ = Debit hitung (m³/s)

$Q_{observasi}$ = Debit ukur (m³/s)

N = Banyak data

2. Coefficient Efficiency (CE)

Uji efisiensi dilakukan dengan Metode Efisien Nash-Sutcliffe dimana uji tersebut menentukan tingkat ketelitian antara debit observasi dengan debit terhitung FJ Mock (Indarto, 2010). Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara nilai debit observasi dan debit terhitung dengan hasil uji lebih dari 0,75.

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{obs} - Y_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{obs} - \bar{Y}_{obs})^2} \quad (2.20)$$

Keterangan:

$Y_{observasi}$ = Debit ukur (m³/s)

$Y_{simulasi}$ = Debit hitung (m³/s)

\bar{Y}_{obs} = Rata-Rata Debit ukur (m³/s)

Berdasarkan Moriasi dkk. (2007), hasil pengujian CE memiliki beberapa kriteria yaitu:

- > 0,75; dikatakan sangat efisien
- 0,36 – 0,75; dikatakan cukup efisien
- < 0,36; dikatakan tidak efisien

3. VE (*Volume Error*)

Berdasarkan Indarto (2010) dalam Suprayogi dkk (2012) *Volume Error* merupakan nilai yang menunjukkan adanya perbedaan hasil volume antara volume hasil simulasi dengan volume yang terobservasi. Penentuan selisih nilai volume yang baik yaitu lebih kecil dari 5%.

$$VE = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{observasi} - \sum_{i=1}^N Q_{simulasi}}{\sum_{i=1}^N Q_{observasi}} \quad (2.21)$$

2.6. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

2.6.1. Kebutuhan Air di Sawah

Berdasarkan Triadmojo (2008) dalam Apriani (2017) kebutuhan air irigasi yaitu jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi dan kebutuhan air tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan alam. Pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air sehingga apabila tanaman kekurangan air akan menyebabkan fisiologis tanaman terganggu hingga mati. Sejumlah air diperlukan tanaman pada kondisi pertumbuhan optimal tanpa kekurangan air di sawah dinyatakan sebagai NFR (*Netto from Requirement*).

Kebutuhan air irigasi di sawah terbagi menjadi dua yaitu:

a. Untuk tanaman padi

$$NFR = C_u + P_d + NR + P - R_{eff} \quad (2.22)$$

b. Untuk tanaman palawija

$$NFR = C_u + P - R_{eff} \quad (2.23)$$

Keterangan:

NFR = Kebutuhan air di sawah ($1 \text{ mm/hari} \times \frac{10000}{24} \times 60 \times 60 = 1$) (lt/dt/ha)

C_u = Kebutuhan air tanaman (mm/hari)

P_d = Kebutuhan air pengolahan tanah (mm/hari)

NR = Kebutuhan air pembibitan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

R_{eff} = Curah hujan efektif (mm/hari)

Sedangkan menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-03 (2013) dan Azmeri dkk. (2019) pada umumnya kebutuhan air di sawah dihitung dengan persamaan berikut.

$$NFR = Et_c + P + WLR - R_e \quad (2.24)$$

Keterangan:

NFR = Kebutuhan air irigasi di sawah (lt/dt/ha)

Et_c = Penggunaan konsumtif (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

R_e = Curah hujan efektif (mm)

Sedangkan untuk kebutuhan air pada pintu pengambilan dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$DR = \frac{NFR}{8,84} \times EI \quad (2.25)$$

Keterangan:

DR = Kebutuhan air di pintu pengambilam (lt/dt/ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm.hari)

EI = Efisiensi irigasi secara total (%)

$$= 0,9 \times 0,9 \times 0,8 = 0,648 \approx 65\%$$

8,68 = Konstanta konversi satuan mm/hari ke lt/dt/hari

2.6.2. Kebutuhan Air Konsumtif

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-03 (2013) penggunaan air konsumtif dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Et_c = ET_o \times K_c \quad (2.26)$$

Keterangan:

Et_c = Penggunaan konsumtif (mm/hari)

Et_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

Tabel 2.4. Koefisein Tanaman

Periode Tengah Bulan	Padi Nedeco / Perosida		FAO		Kedelai
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
1	1,2	1,2	1,1	1,1	0,5
2	1,2	1,27	1,1	1,1	0,75

Periode Tengah Bulan	Padi Nedeco / Perosida		FAO		Kedelai
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
3	1,3	1,33	1,1	1,05	1
4	1,4	1,3	1,1	1,05	1
5	1,35	1,3	1,1	0,95	0,82
6	1,24	0	1,05	0	0,45
7	1,12		0,95		
8	0		0		

Sumber: Kriteria Perencanaan 01, 2013

2.6.3. Kebutuhan Air Penyiapan Lahan

Berdasarkan Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01 (2013) untuk petak tersier jangka waktu yang disarankan adalah 1,5 bulan. Jika penyiapan lahan dilakukan menggunakan mesin, jangka waktu 1 bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah diambil 200 mm dimana meliputi penjenuhan dan penggenangan sawah yang awalnya ditambahkan lapisan 50 mm. Angka 200 mm mengindikasikan bahwa tanah itu bertekstur berat, cocok digenangi, dan lahan tersebut belum ditanami selama 2,5 bulan. Jika tanah dibiarkan berair lebih lama lagi maka diambil 250 mm sebagai kebutuhan air penyiapan lahan.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk juga untuk penyemaian. Dalam penentuan kebutuhan air, dibedakan antara kebutuhan air pada masa penyiapan lahan dan pada masa tanam. Umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan ditentukan berdasarkan kedalaman dan porositas tanah di sawah. Untuk perhitungan kebutuhan air total selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1986) yang didasarkan pada laju air konstan.

$$IR = \frac{M e^k}{e^k - 1} \quad (2.27)$$

Keterangan:

IR = Kebutuhan air total (mm/hari)

M = Pengganti kehilangan air

$M = E_0 + P$

$E_0 = 1,1 E_{t0}$

P = Perkolasi

e = Bilangan dasar (2,718)

K = $M T / S$

T = Lama penyiapan lahan (hari)

S = Kebutuhan air penjenuhan (250 mm / 300 mm)

2.6.4. Kebutuhan Air Untuk Mengganti Lapisan Air (WLR)

Menurut Kriteria Perancangan Irigasi KP-03 (2013) penggantian lapisan air tanah dilakukan setengah bulan sekali yaitu penggantian air ini masing-masing adalah 50 mm atau 3,3 mm/hari.

2.6.5. Perkolasi

Perkolasi merupakan peristiwa meresapnya air ke dalam tanah dimana tanah dalam keadaan jenuh. Laju perkolasi tergantung pada sifat-sifat tanah. Data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan antara 1-3 mm/hari. Pada daerah yang memiliki kemiringan, perembesan antar lahan persawahan dapat mengakibatkan banyak kehilangan air. Dari hasil penyelidikan tanah pertanian, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan lahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Pada laporan ini digunakan nilai perkolasi rata-rata yaitu 3 mm/hari (Kriteria Perancangan Irigasi KP-01, 2013).

Tabel 2.5. Nilai Perkolasi

No	Jenis Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	<i>Sandy Loam</i>	3 – 6
2	<i>Loam</i>	2 – 3
3	<i>Clay</i>	1 – 2

Sumber: Soemarto, 1999

2.6.6. Debit Intake

Debit *intake* adalah debit yang disadap kemudian dialirkan ke dalam saluran irigasi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di sawah. Besarnya debit dari intake dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Q = \frac{DR \times A}{1000} \quad (2.28)$$

Keterangan :

- Q = Debit *intake* (m³/dt)
 DR = Kebutuhan pengambilan (l/dt/ha)
 A = Luas areal (ha) (KP-01, 2013)

2.6.7. Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan.

Tabel 2.6. Urutan Pola Tanam

No	Ketersediaan Air	Pola Tanam
1	Cukup banyak	Padi - Padi - Palawija
2	Cukup	Padi - Padi - Bera
		Padi - Palawija - Palawija
3	Kekurangan Air	Padi - Palawija - Bera
		Palawija - Padi - Bera

Sumber: S.K. Sidharta, 1997

2.7. Imbangan Air (*Water Balance*)

Berdasarkan Harto (2000) nilai imbangan air harus lebih besar atau sama agar kebutuhan air tanaman yang direncanakan terpenuhi. Neraca air merupakan gambaran potensi dari pemanfaatan sumber daya air dalam periode tertentu. Hasil dari neraca air dapat diketahui potensi sumber daya air yang belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini juga menunjukkan nilai antara keseimbangan jumlah air yang masuk dan yang tersedia pada sumber air serta yang keluar dari sistem atau bagian sub-sistem yang ada. Persamaan neraca air dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = O \pm \Delta S \quad (2.29)$$

Keterangan:

- I = Masukan (*inflow*)
 O = Keluaran (*outflow*)
 ΔS = Selisih debit (*storage change*)