

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan yang turun ke permukaan bumi tidak semuanya bermuara di satu tempat, artinya belum tentu terjadinya hujan dimanfaatkan oleh tanaman. Seperti halnya pada siklus hidrologi, curah hujan dapat berakhir dalam beberapa kondisi, ada yang diserap oleh tumbuhan, ada yang menjadi *run-off*, dan ada pula yang menguap (evaporasi). Curah hujan kawasan/wilayah merupakan curah hujan yang ditinjau bukan dari satu stasiun hujan, melainkan dari beberapa stasiun hujan yang datanya diolah dengan beberapa metode seperti: 1) Rata-rata aritmatika; 2) Metode Poligon Thiessen; dan 3) Metode Isohyet.

Pertimbangan untuk menggunakan metode-metode perhitungan curah hujan kawasan menurut (Mori, 2003) ditinjau dari luas daerahnya sebagaimana berikut ini:

1. Alat ukur hujan dinilai cukup untuk mewakili curah hujan kawasan pada daerah yang memiliki luas ≤ 250 ha dengan variasi topografi yang minimal.
2. Luas daerah 250 s.d. 50.000 ha dengan dua sampai tiga titik stasiun hujan (titik pengamatan) dapat menggunakan rata-rata aritmatika.
3. Daerah dengan luas 120.000 s.d. 500.000 ha yang memiliki sebaran titik pengamatan merata dan data hujan tidak dipengaruhi topografi, dapat menggunakan rata-rata aritmatika. Apabila titik pengamatan tidak tersebar merata gunakan metode poligon Thiessen.

4. Daerah yang luasnya lebih dari 500.000 ha menggunakan metode isohyet.

Penelitian ini merujuk pada data yang diperoleh dari tiga stasiun hujan dan luas daerah tinjauannya yaitu 1546,2 ha, maka akan digunakan metode rata-rata aritmatika/aljabar. Rumus untuk menghitung curah hujan kawasan dengan metode rata-rata aritmatika adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.1)$$

di mana:

R : curah hujan kawasan (mm)

n : jumlah titik pengamatan/stasiun hujan

R_1, R_2, R_n : curah hujan di setiap titik pengamatan (mm)

2.2 Analisis Klimatologi

2.2.1 Klasifikasi Iklim Oldeman

Klasifikasi iklim Oldeman adalah cara atau penentuan yang tepat untuk diterapkan di bidang pertanian. Dwiyono dalam (Sasminto et al., 2014) mengatakan klasifikasi iklim yang dilakukan oleh Oldeman didasarkan kepada jumlah kebutuhan air oleh tanaman, terutama pada tanaman padi dan palawija. Klasifikasi dengan cara ini mengacu pada bulan basah ($CH > 200$ mm) berturut-turut untuk menentukan zona iklimnya dan bulan kering ($CH < 100$ mm) berturut-turut untuk menentukan subdivisinya. Berikut merupakan data-data terkait klasifikasi iklim Oldeman:

Tabel 2.1 Tipe Utama Klasifikasi Iklim Oldeman

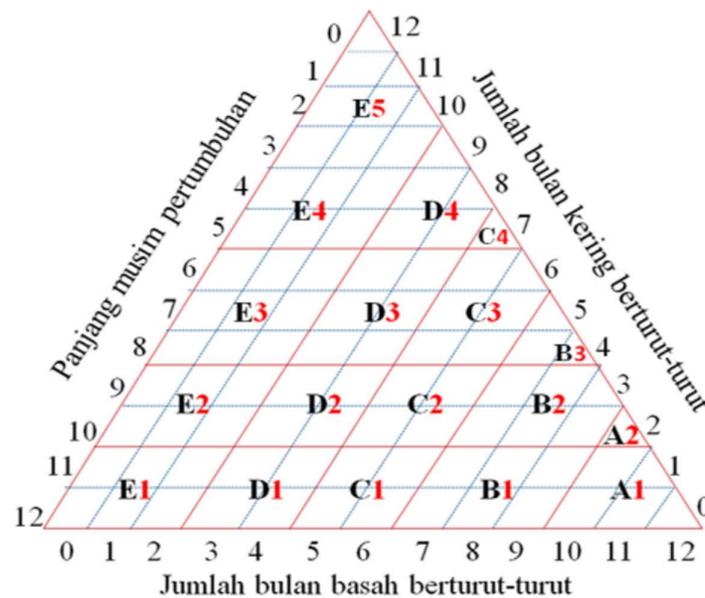
Tipe Utama	Bulan Basah Berturut-turut
A	> 9
B	7 – 9
C	5 – 6
D	3 – 4
E	< 3

Sumber: Handoko, 1995

Tabel 2.2 Subdivisi Klasifikasi Iklim Oldeman

Tipe Utama	Bulan Kering Berturut-turut
1	> 9
2	7 – 9
3	5 – 6
4	3 – 4

Sumber: Handoko, 1995



Gambar 2.1 Segitiga Oldeman

Sumber: Oldeman et al, 1980 dalam Mulkan Iskandar Nasution, 2018

Berikut penjabaran dari segitiga klasifikasi iklim Oldeman:

Tabel 2.3 Penjabaran Daerah Agroklimat Oldeman

Tipe Iklim	Keterangan
A1, A2	Iklim yang sesuai untuk ditanami padi terus menerus tetapi intensitas radiasinya rendah sepanjang tahun, akibatnya produksi kurang
B1	Sesuai untuk ditanami padi terus menerus dan produksi akan tinggi ketika panen di musim kemarau
B2, B3	Kondisi ini memungkinkan padi ditanam dua kali dalam setahun dengan varietas umur pendek dan musim kering yang pendek cukup untuk tanaman palawija
C1	Tanam padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun
C2, C3, C4	Satu tahun hanya dapat satu kali tanam padi dan penanaman palawija kedua, namun harus berhati-hati jangan sampai jatuh pada bulan kering
D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan biasanya produksi bias tinggi karena kerapatan fluks radiasi tinggi. Waktu tanam palawija cukup
D2, D3, D4	Dapat ditanami hanya dengan satu kali padi atau satu kali palawija, tergantung pada persediaan air irigasi
E	Daerah ini pada umumnya terlalu kering hanya memungkinkan ditanami palawija satu kali dalam setahun, itupun tergantung dengan ada atau tidaknya hujan

Sumber: Dwiyono dalam Sasminto, 2015

2.2.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan fenomena yang terjadi akibat evaporasi (penguapan) dari permukaan lahan dan transpirasi dari tanaman. Menurut (Triatmodjo, 2008) evapotranspirasi adalah penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman, di mana evapotranspirasi sama dengan kebutuhan air konsumtif ketika berkaitan dengan tanaman.

Perhitungan evapotranspirasi dapat diperoleh dengan beberapa rumus yaitu,

1) Pan Evaporasi; 2) Penman Modifikasi; 3) Persamaan empiris Thornthwaite; dan

4) Metode Blaney-Criddle. Penelitian ini akan merujuk kepada rumus evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi karena parameter yang digunakan lebih banyak sehingga menjadi pertimbangan kuat bahwa rumus tersebut akan mendekati kondisi di lapangan. Berikut ini merupakan tabel perbandingan penggunaan parameter pada rumus-rumus evapotranspirasi.

Tabel 2.4 Perbandingan Parameter pada Setiap Rumus ETo

No	Metode	<i>T</i>	<i>RH</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Ra</i>	<i>E</i>
1	Pan Evaporasi						Ada
2	Penman	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	
3	Thornthwaite	Ada					
4	Blaney-Criddle	Ada					

Keterangan:

T : *temperature* (suhu)

RH : *relative humidity* (kelembaban relatif)

n : lama penyinaran matahari

H : kecepatan angin

Ra : radiasi ekstraterrestrial atau nilai angot

E : evaporasi

Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman modifikasi menggunakan rumus-rumus berikut ini:

$$ET_o = c[W.Rn + (1 - W).f(u).(ea - ed)] \quad (2.2)$$

$$ed = ea \cdot RH \quad (2.3)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,44\sqrt{ed} \quad (2.4)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.5)$$

$$f(u) = 0,27 + \left(1 + \frac{U_2}{100}\right) \quad (2.6)$$

$$RnI = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (2.7)$$

$$Rs = (0,25 + 0,54(n/N)) \times Ra \quad (2.8)$$

di mana:

- ET_o : evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- c : angka koreksi Penman untuk kompensasi efek kondisi cuaca siang dan malam hari
- W : faktor pemberat untuk pengaruh penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial
- $1 - W$: faktor pemberat untuk pengaruh kecepatan angin dan kelembaban
- $f(u)$: Fungsi pengaruh angin pada $ET_o = 0,27 \times (1 + U_2/100)$, di mana U_2 merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari di ketinggian 2 m
- ea : tekanan uap air jenuh pada suhu udara rata-rata (mbar)
- ed : tekanan uap air nyata rata-rata di udara (mbar)

u : kecepatan angin (km/hari atau m/detik)

$f(ed)$: fungsi tekanan uap

$f(T)$: fungsi temperatur

$f(n/N)$: fungsi kecerahan matahari

RH : kelembaban udara relatif (%)

RnI : radiasi bersih gelombang panjang

Rs : radiasi gelombang pendek

Ra : radiasi ekstraterrestrial/nilai angot

Beberapa parameter perhitungan evapotranspirasi diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Tekanan uap jenuh, faktor penimbang, dan fungsi suhu

Mencari nilai tekanan uap jenuh (ea), fungsi suhu $f(T)$ dan W (faktor penimbang) ada dalam dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Nilai Faktor Penimbang Berdasarkan Hubungan Ketinggian dan Suhu

Z (m)	Temperatur (°C)								
	22	24	26	28	30	32	34	36	38
0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84
500	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85
1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86
2000	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87
3000	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,88
4000	0,79	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90

Sumber: Oktawirawan dalam Nurazizah, 2020

Tabel 2.6 Hubungan Tekanan Uap Jenuh, Faktor Penimbang,
dan Fungsi Temperatur

Temperatur (°C)	W	$f(T)$	ea (mbar)
22,00	0,71	15,20	26,40
24,00	0,74	15,40	28,10
25,00	0,75	15,65	29,80
26,00	0,76	15,90	31,70
27,00	0,77	16,10	33,60
28,00	0,78	16,30	35,70
28,60	0,78	16,42	37,80
29,00	0,79	16,50	40,10

Sumber: Oktawirawan dalam Nurazizah, 2020

2. Radiasi ekstraterrestrial (R_a)

Nilai R_a dapat diperoleh dengan cara interpolasi dari tabel berikut ini:

Tabel 2.7 Nilai Radiasi Ekstraterrestrial Per Bulan Berdasarkan Koordinat
Lintang Selatan

Bulan	Koordinat Lintang Selatan (°)			
	4	6	8	10
Januari	15,3	15,5	15,8	16,1
Februari	15,7	15,8	16,0	16,1
Maret	15,7	15,6	15,6	15,5
April	15,1	14,9	14,7	14,4
Mei	14,1	13,8	13,4	13,1
Juni	13,5	13,2	12,8	12,4
Juli	13,7	13,4	13,1	12,7
Agustus	14,5	14,3	14,0	13,7
September	15,2	15,1	15,0	14,9
Oktober	15,5	15,6	15,7	15,8
November	15,3	15,5	15,8	16,0
Desember	15,1	15,4	15,7	16,0

Sumber: www.fao.org

3. Angka koreksi Penman

Angka koreksi/*adjustment factor* dapat diperoleh dari tabel di bawah ini:

Tabel 2.8 Faktor Koreksi Penman

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
C	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10

Sumber: Suroso, 2011

4. Koefisien pemantulan/Albedo

Koefisien Albedo diperoleh dari rasio antara radiasi yang dipantulkan suatu permukaan dengan radiasi yang datang dari permukaan (Surmaini et al., 1997). Berikut nilai-nilai koefisien Albedo disajikan dalam Tabel 2.9:

Tabel 2.9 Koefisien Albedo

Sifat Permukaan	R
Air Terbuka	0,06
Batu	0,12 – 0,15
Rumput	0,08 – 0,09
Tanaman Hijau	0,20

Sumber: Soemarto, 1995

2.3 Ketersediaan Air

Limantara (2013) dalam (Retnowati, 2018) menyatakan bahwa ketersediaan air irigasi adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi irigasi dengan risiko kegagalan yang telah diperhitungkan, kebutuhan air irigasi dapat juga disebut debit andalan (*dependable discharge*). Ketersediaan air merupakan kondisi aliran/debit yang diharapkan (*expected*) terus menerus tersedia di sungai.

2.3.1 Debit Bangkitan

Pembangkitan data debit bertujuan untuk mengetahui nilai di masa yang akan dengan cara peramalan (*forecasting*). Metode yang digunakan adalah metode Thomas-Fiering yang membangkitkan debit dari data historis, rata-rata, korelasi, dan standar deviasinya. Mediana dalam (Suprayogi et al., 2013) menyatakan bahwa model Thomas-Fiering berlaku untuk aliran *perennial*, yaitu aliran sungai yang selalu mengalir sepanjang tahun atau dengan kata lain sungai yang debitnya tidak pernah nol. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{i+1} = \bar{Q}_{j+1} + b_j (Q_i - \bar{Q}_j) + t_i s_{j+1} \sqrt{1 - r_j^2} \quad (2.9)$$

$$b_j = r_j \frac{s_{j+1}}{s_j} \quad (2.10)$$

$$r_j = \frac{c_1}{c_2} \quad (2.11)$$

$$c_1 = \sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j) (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1}) \quad (2.12)$$

$$c_2 = \sqrt{\sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j)^2 \sum_i (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1})^2} \quad (2.13)$$

di mana:

Q_{i+1} : debit bangkitan bulan ke-($i + 1$)

Q_i : debit bulan ke-i

\bar{Q}_{j+1} : debit rata-rata bulanan bulan ke-($j + 1$)

\bar{Q}_j : debit rata-rata bulanan bulan ke-j

- b_j : koefisien regresi untuk menghitung volume aliran bulan ke- $(j + 1)$ dari bulan ke- j
- s_{j+1} : simpangan baku data (aliran) bulan ke- $(j + 1)$
- s_j : simpangan baku data bulan ke- j
- t_i : bilangan random normal

2.3.2 Validitas Debit Bangkitan

2.3.2.1 Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Metode ini menunjukkan seberapa baik *plot* nilai observasi dibandingkan dengan nilai prediksi-simulasi, dengan rentang nilai dari minus tak hingga sampai dengan satu. Hasil NSE yang semakin mendekati angka satu, maka semakin baik nilai NSE, artinya data hasil pembangkitan dapat teruji kebenarannya karena mendekati data observasi. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{NSE} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad (2.14)$$

di mana:

- X_i : data observasi (data aktual)
- Y_i : hasil simulasi data
- \bar{X}_i : rata-rata data observasi
- N : jumlah data

Tabel kriteria nilai dari NSE disajikan untuk validasi hasil bangkitan data dalam Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

NSE Value	Interpretation
NSE > 0,75	<i>Good</i>
0,36 < NSE < 0,75	<i>Qualified</i>
NSE < 0,36	<i>Not Qualified</i>

Sumber: Motovilov et al., 1999 dalam Lutfi et al., 2020

2.3.2.2 Koefisien Korelasi

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mendapatkan pola dan kedekatan hubungan antara dua atau lebih variabel. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan koefisien korelasi (R) yaitu:

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i - \sum_{i=1}^N Y_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N X_i - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Y_i - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2}} \quad (2.15)$$

di mana:

X_i : data observasi (data aktual).

Y_i : data simulasi atau data bangkitan.

N : jumlah data.

Kriteria nilai dari koefisien korelasi disajikan dalam Tabel 2.11 berikut ini:

Tabel 2.11 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi (R)

R Value	Interpretation
0 - 0,19	<i>Very Low</i>
0,20 - 0,39	<i>Low</i>
0,40 - 0,59	<i>Moderate</i>
0,60 - 0,79	<i>Strong</i>
0,80 - 1,00	<i>Very Strong</i>

2.3.2.3 Uji Konsistensi

Konsistensi suatu data debit dalam suatu data runtut waktu perlu diuji kepengangannya. Uji konsistensi yang sudah banyak digunakan dalam analisis hidrologi adalah metode kurva massa ganda dan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Data debit pada penelitian ini berasal dari satu pos duga air saja, yaitu dari Pos Bendung Cimulu. Oleh karena itu, metode yang akan digunakan adalah metode RAPS. (Litsaniyah, 2018) dalam tugas akhirnya menyatakan metode RAPS melihat konsistensi data dari kumulatif penyimpangannya terhadap rata-rata. Metode RAPS memiliki prosedur pengujian data sebagai berikut:

1. Mengurutkan data debit berdasarkan urutan tahun lalu hitung reratanya
2. Menghitung nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata (Sk^*)

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Q_i - \bar{Q}), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.16)$$

dengan:

Sk^* : nilai kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata

3. Menghitung nilai D_y

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n}} \quad (2.17)$$

dengan:

D_y : simpangan baku dari data Y

4. Menghitung nilai RAPS (Sk^{**})

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{D_y} \quad (2.18)$$

dengan:

Sk^{**} : *Rescaled Adjusted Partial Sums*

5. Menghitung nilai statistik Q dan R

$$Q = |Sk^{**}| \text{ maksimum} \quad (2.19)$$

$$R = |Sk^{**}| \text{ maksimum} - |Sk^{**}| \text{ minimum} \quad (2.20)$$

6. Bandingkan nilai Q_{hitung} dan R_{hitung} dengan Q_{kritis} dan R_{kritis} sebagaimana ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 2.12 Nilai Kritis Parameter Statistik Q dan R

Jumlah Data (n)	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
>100	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber: Sri Harto Br, 1993

2.3.2.4 Uji Ketidakadaan *Trend*

Homogenitas dari suatu data debit merupakan hal yang penting sangat penting bagi analisis hidrologi, adanya *trend* pada data hujan maka data debit tidak disarankan untuk digunakan untuk analisis lanjutan. Hal tersebut terjadi karena analisis hidrologi harus mengikuti garis *trend* yang dihasilkan. Metode yang digunakan untuk uji ketidakadaan *trend* adalah uji korelasi peringkat metode

Spearman (*Spearman's Correlation Rank Coefficient*). Berikut kondisi yang memungkinkan terjadi dan penggunaan rumus metode Spearman:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{(n^3 - n)} \quad (2.21)$$

$$r = \frac{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum d_i^2}{2\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (2.22)$$

di mana:

$$\sum x^2 = \frac{n^3 - n}{12} - \sum T_x$$

$$\sum y^2 = \frac{n^3 - n}{12} - \sum T_y$$

$$\sum T_x = \sum \frac{t_x^3 - t_x}{12}$$

$$\sum T_y = \sum \frac{t_y^3 - t_y}{12}$$

Terdapat dua kondisi untuk penggunaan rumus Spearman, berikut keterangan penggunaan rumus Spearman:

1. Apabila tidak ada peringkat yang kembar/sama (*tied rank*) rumus yang digunakan adalah (2.19)
2. Apabila terdapat peringkat yang kembar/sama rumus yang digunakan adalah (2.20)

2.3.2.5 Uji Stasioner

Rata-rata dan varian (ragam) dari suatu data deret berkala (*time series*) perlu diuji kestabilannya, karena dengan data yang stabil maka data tersebut homogen dan dapat dilakukan analisis hidrologi lanjutan. Uji stasioner terdiri dari dua tahapan yaitu uji-F dan uji T (*Student's T-Test*).

2.3.2.5.1 Uji-F

Uji-F merupakan cara untuk mengecek kestabilan varian. Uji-F dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Bagi deret menjadi dua kelompok (bagi setengah-setengah).
2. Cari nilai F_{hitung} dengan persamaan berikut:

$$F = \frac{N_1 S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 S_2^2 (N_1 - 1)} \quad (2.23)$$

dengan:

N_1, N_2 : jumlah data kelompok 1 dan 2

S_1, S_2 : simpangan baku kelompok 1 dan 2

3. Bandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{kritis}
4. Apabila nilai $-F_{kritis} < F_{hitung} < F_{kritis}$, maka data tersebut homogen dan hipotesis tidak ditolak.

2.3.2.5.2 Uji-T

Uji-T dilakukan untuk mengetahui kestabilan rata-rata dari suatu data deret berkala. Prosedur untuk melakukan uji-T adalah sebagai berikut:

1. Lakukan pembagian kelompok data, sama seperti pada uji-F.
2. Cari nilai σ dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(N_1-1)S_1^2 + (N_2-1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (2.24)$$

3. Cari nilai t_{hitung} dengan menggunakan persamaan:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (2.25)$$

4. Tentukan interval kepercayaan dan bandingkan t_{hitung} dengan t_{kritis} yang diperoleh dari tabel uji-T.
5. Apabila nilai $-t_{kritis} < t_{hitung} < t_{kritis}$, maka data tersebut rata-ratanya stabil dan hipotesis tidak ditolak.

2.3.3 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable discharge/flow*) dihitung dengan tujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan selalu tersedia di sungai. Umumnya debit andalan dihitung untuk perencanaan air irigasi. Besaran debit andalan berubah-ubah setiap saat sesuai dengan kondisi musim saat itu. Perhitungan debit andalan dilakukan dengan cara evaluasi ketersediaan air untuk penyusunan rencana tata tanam. Keandalan dari debit yang dihitung memiliki arti yang berbeda-beda, tergantung keperluan yang dituju dari perhitungan debit andalan.

Beberapa cara yang diketahui untuk menghitung debit andalan sesuai SNI 6738:2015 dan KP-01 Irigasi adalah dengan metode Weibull untuk penentuan probabilitas debit andalan, FJ Mock, dan NRECA untuk perhitungan debit andalan berdasarkan data curah hujan. Berikut ini merupakan tabel mengenai penentuan debit andalan berdasarkan kebutuhannya:

Tabel 2.13 Debit Andalan Sesuai Kebutuhan

Kebutuhan	Debit Andalan (%)
Air minum	99
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90
Air irigasi:	
1. Daerah beriklim setengah lembab	70 – 85
2. Daerah beriklim kering	80 – 95

Sumber: Limantara, 2010

(Mori, 2003) menyatakan bahwa kondisi debit andalan dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Debit air musim kering, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 355 hari dalam satu tahun (97%)
2. Debit air musim rendah, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 275 hari dalam satu tahun (75%)
3. Debit air musim normal, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 185 hari dalam satu tahun (51%)
4. Debit air cukup, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 95 hari dalam satu tahun (26%).

Metode yang digunakan untuk menghitung debit andalan pada penelitian ini adalah metode *ranking*/probabilitas Weibull sesuai yang tercantum dalam SNI 6738:2015 tentang Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit. Berikut rumus untuk metode *ranking* Weibull:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \quad (2.26)$$

di mana:

P : probabilitas (%)

m : nomor urut data debit

n : jumlah data pengamatan debit

2.4 Kebutuhan Air

2.4.1 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Mori, 2003). Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, penggantian lapisan air, curah hujan efektif. Kebutuhan air irigasi merupakan komponen penting dalam suatu neraca air irigasi yang nantinya dapat dievaluasi tingkat penggunaannya

Perhitungan kebutuhan air irigasi padi didasarkan pada Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01) yang mengacu pada ketetapan Pekerjaan Umum tahun 2013 (Pekerjaan Umum, 2013). Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, penggantian lapisan air, serta curah hujan efektif. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan air selama penyiapan lahan

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

dengan:

IR : kebutuhan air selama penyiapan lahan (mm/hari)

2. Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi

$$NFR = ETc + P + WLR - Re \quad (2.28)$$

dengan:

NFR : *Net Field Water Requirement* (mm/hari)

ETc : evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P : perkolasi (mm/hari)

WLR : *Water Layer Requirement* (mm/hari)

3. Kebutuhan air bersih di sawah untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad (2.29)$$

4. Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (*intake*)

$$DR = \frac{NFR A}{8,64EI} \quad (2.30)$$

dengan:

DR : kebutuhan air di *intake* (lt/detik/ha)

A : luas lahan (ha)

EI : efisiensi irigasi

2.4.2 Efisiensi Irigasi

Kriteria Perencanaan (KP) 01 Kementerian PUPR menjelaskan bahwa efisiensi irigasi adalah rasio antara air yang digunakan dengan air yang disadap dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%). Adapun efisiensi irigasi total merupakan hasil kali efisiensi petak tersier, saluran sekunder, dan saluran primer. Berikut merupakan rumus untuk menghitung efisiensi irigasi:

$$EI = \frac{\text{Jumlah air yang digunakan}}{\text{Jumlah air yang diberikan}} \times 100\% \quad (2.31)$$

Tabel 2.14 Efisiensi Irigasi untuk Tanaman Ladang

	Awal	Peningkatan yang Dapat Dicapai
Sistem irigasi utama	0,75	0,80
Petak tersier	0,65	0,75
Keseluruhan	0,50	0,60

Sumber: KP 01, 2013

2.4.3 Penyiapan Lahan

(KP-01, 2013) menyebutkan bahwa kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan air irigasi maksimum untuk suatu proyek. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Masa penyiapan lahan tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis, unsur sosial budaya yang ada di daerah penanaman memengaruhi pula waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan. Kebiasaan yang berlaku di suatu daerah bisa menjadi hal yang ditetapkan untuk masa penyiapan lahan. Waktu satu setengah bulan dijadikan pedoman untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier.

(Van de Goor, G. A. W., & Zijlstra, 1968) dalam bukunya “*Irrigation Requirments for Double Cropping of Lowland Rice*” memformulasikan rumus kebutuhan air selama masa penyiapan lahan (*presaturation period*). Angka tersebut berbeda dengan kebutuhan air untuk penyiapan lahan (*presaturation water requirement*). Rumus untuk menghitung kebutuhan air selama persiapan lahan disajikan sebagai berikut:

$$IR = \frac{M e^k}{e^k - 1}$$

$$k = \frac{MT}{S} \quad (2.32)$$

$$M = Eo + P \quad (2.33)$$

dengan

IR : kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah jenuh

Eo : evaporasi air terbuka ($1,1ETo$) selama penyiapan lahan (mm/hari)

P : perkolasi (mm/hari)

- T : jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- S : kebutuhan air untuk penjemuran (mm)
- e : bilangan Euler/natural/Napier (= 2,718...)

Kriteria Perencanaan Irigasi 01 memberikan pedoman untuk besaran kebutuhan air irigasi selama masa penyiapan lahan. Berikut tabel pedoman yang diberikan ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

Tabel 2.15 Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

$M = E_0 + P$ mm/hari	$T = 30$ hari		$T = 45$ hari	
	$S = 250$ mm	$S = 300$ mm	$S = 250$ mm	$S = 300$ mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8,0	13,0	14,5	10,5	11,5
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0			
10,0	14,3			
10,5	14,7			
11,0	15,0			

Sumber: KP-01, 2013

2.4.4 Penggunaan Air Konsumtif Tanaman

Penggunaan air konsumtif tanaman merupakan besar kebutuhan air yang hilang akibat evapotranspirasi untuk tanaman. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman adalah:

$$ETc = kc \times ETo \quad (2.34)$$

dengan:

Etc : kebutuhan air tanaman (mm/hari)

kc : koefisien tanaman

ETo : evapotranspirasi (mm/hari)

Pemberian air untuk tanaman bergantung pula dengan varietas yang digunakan untuk ditanam selama masa tanam. Pengaturan pola tata tanam merupakan kegiatan mengatur jenis varietas dan umur pertumbuhan tanaman. Implikasi dari pengaturan pola tata tanam adalah koefisien tanaman, yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman. Berikut ini merupakan standar koefisien tanaman yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman:

Tabel 2.16 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1.0	1.2	1.3	1.1	1.1
1.5	1.3	1.3	1.1	1.05
2.0	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.4	1.3	1.1	0.95
3.0	1.2	0.0	1.05	0.0
3.5	1.1		0.95	-
4.0	0.0		0.0	-

Sumber: KP 01, 2013

Tabel 2.17 Koefisien Tanaman Palawija

Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	Setengah bulan ke-								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedelai	85	0,5	0,75	1,0	1,0	0,82	0,45*			
Jagung	80	0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*			
Kacang tanah	130	0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55	0,55*
Bawang	70	0,5	0,51	0,69	0,90	0,90*				
Buncis	75	0,5	0,64	0,89	0,95	0,88				

Sumber: KP 01, 2013

Keterangan:

*untuk sisanya kurang dari setengah bulan

2.4.5 Perkolasi

(Soemarto, 1987) menyatakan bahwa perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) ke dalam zona jenuh air (*saturated zone*). Zona tidak jenuh dapat ditinjau dari permukaan tanah sampai permukaan muka air tanah, sedangkan zona jenuh air ditinjau dari daerah di bawah permukaan air tanah. Adapun laju perkolasi maksimal yang dimungkinkan yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi dalam zona tidak jenuh disebut dengan laju perkolasi (P_p). Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat tanah, data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah.

Pengukuran laju perkolasi dapat dilakukan di sawah secara langsung apabila padi sudah ditanam di area proyek irigasi. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1–3 mm/hari. Di daerah-daerah miring perembesan dari sawah ke sawah dapat mengakibatkan banyak kehilangan air. Di daerah-daerah dengan kemiringan diatas 5%, paling tidak akan

terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

Tabel 2.18 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	<i>Sandy loam</i> (geluh berpasir)	3 – 6
2	<i>Loam</i> (geluh)	2 – 3
3	<i>Clay</i> (lempung)	1 – 2

Sumber: Soemarto, 1987

2.4.6 Penggantian Lapisan Air

(Retnowati, 2018) menyatakan bahwa penggantian lapisan air memiliki hubungan yang kuat dengan tingkat kesuburan tanah. Air yang digenangkan beberapa saat setelah penanaman bersifat kotor, mengandung zat residu, bahkan dapat merusak tanaman apabila dibiarkan. Penggantian lapisan air memiliki tujuan untuk membuang air genangan yang kotor dengan air bersih. Ketentuan untuk penggantian lapisan air diatur dalam KP-01 sebagai berikut:

1. Usahakan untuk membuat jadwal dan mengganti lapisan air sesuai dengan kebutuhan.
2. Jika tidak ada penjadwalan yang dibuat, maka lakukan penggantian lapisan air sebanyak dua kali, masing-masing 50 mm atau dengan kata lain 3,3 mm/hari selama setengah bulan selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

2.4.7 Curah Hujan Efektif

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan curah hujan efektifnya. Curah hujan efektif atau curah hujan andalan adalah besaran curah hujan yang langsung

dimanfaatkan tanaman pada masa pertumbuhannya (Hidayat & Empung, 2016). Secara statistik berdasarkan *Harza Engineering Company*, curah hujan efektif merupakan curah hujan yang nilainya dapat dilampaui sebanyak 80%, singkatnya dari 10 kejadian terlampaui sebanyak delapan kali. Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan efektif adalah metode *ranking* Weibull. Namun, dapat juga digunakan alternatif lain dengan menggunakan metode *basic year* sebagaimana rumus berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (2.35)$$

$$R_{50} = \frac{n}{2} + 1 \quad (2.36)$$

dengan:

R_{80} : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 80% (mm)

R_{50} : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 50% (mm)

n : jumlah tahun pengamatan

2.4.7.1 Curah Hujan Efektif untuk Padi

Nilai curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil sebesar 70% dari curah hujan R_{80} . Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,7 R_{80} \quad (2.37)$$

R_e : curah hujan efektif untuk padi (mm)

2.4.7.2 Curah Hujan Efektif untuk Palawija

Tanaman palawija memiliki perhitungan yang cukup berbeda dengan tanaman padi mengingat kebutuhan air untuk tanaman palawija tidak sebanyak padi. Besarnya curah hujan efektif untuk palawija diambil 50% dari nilai R_{80} . Persamaan untuk curah hujan efektif palawija adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,5 R_{80} \quad (2.38)$$

R_e : curah hujan efektif untuk palawija (mm)

Curah hujan efektif tanaman palawija rata-rata bulanan memiliki kaitan dengan nilai evapotranspirasi (ET_o) sesuai yang berada dalam Standar Kriteria Perencanaan Irigasi 01, jadi dapat disimpulkan untuk perhitungan curah hujan efektif tanaman palawija rata-rata bulanan dapat diinterpolasi berdasarkan nilai curah hujan andalan yang diperoleh dengan nilai evapotranspirasinya. Oleh karena itu, perhitungan curah hujan efektif padi sedikit berbeda dengan curah hujan efektif palawija karena dikaitkan dengan evapotranspirasi yang terjadi pada bulan tersebut. Berikut ini tabel kaitan curah hujan efektif palawija dengan evapotranspirasi.

Tabel 2.19 Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija Rata-rata Bulanan Dikaitkan dengan ET_o Bulanan Rata-rata dan Curah Hujan Rata-rata Bulanan (USDA (SCS, 1969)

CH (mm)	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
ET_o													
25													
50	32	39	46										
75	34	41	48	56	62	69							
100	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			

CH (mm)	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
ET_o													
125	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	141	150
225	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	50	50	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber: KP 01, Lampiran II, 2013

2.5 Neraca Air dan Tata Cara Pemberian Air Irigasi

2.5.1 Neraca Air

Penghitungan neraca air dilakukan untuk memeriksa apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Perhitungan didasarkan pada periode mingguan atau tengah bulanan. Perhitungan neraca air memiliki tiga unsur pokok, yaitu:

1. Ketersediaan air.
2. Kebutuhan air.
3. Neraca Air.

Perhitungan neraca air sudah dilakukan pada tahap desain, tetapi pada tahap operasi, ketersediaan dan kebutuhan air akan selalu berubah sehingga pada tahap operasi perlu dilakukan lagi perhitungan neraca air. Perhitungan neraca air akan sampai pada kesimpulan mengenai:

1. Rencana tata tanam (termasuk pola tanam).
2. Rencana penyediaan air dan rencana pembagian air.

Kebutuhan pengambilan yang dihasilkan untuk tata tanam/pola tanam yang akan dipakai dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah akan diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka rencana tata tanam (khususnya luas tanam dan pola tanam) yang direncanakan dapat digunakan. Luas areal yang bisa diairi sama dengan luas maksimum daerah layanan (*command area*).

Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan air, maka perlu disiapkan rencana upaya mengurangi kesenjangan antara ketersediaan dengan kebutuhan air (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016).

2.5.1.1 Modifikasi Pola Tanam

Upaya-upaya yang dapat dipertimbangkan terkait dengan modifikasi pola tanam adalah:

1. Perubahan waktu tanam
2. Perubahan tanaman eksisting dengan tanaman lain
3. Pengurangan luas daerah yang diairi/dilayani.

Kemungkinan berkurangnya kebutuhan puncak di pintu pengambilan yang umumnya terjadi saat penyiapan lahan dan penggenangan dapat dilakukan dengan mengubah waktu tanam. Perubahan waktu tanam perlu dipelajari secara keseluruhan jangan sampai pertumbuhan tanaman terganggu karena musim yang tidak sesuai dengan pertumbuhan tanaman. Dengan melakukan perubahan tanaman eksisting dengan tanaman lain yang memerlukan lebih sedikit air seperti palawija, kebutuhan air akan dapat dikurangi.

Pengurangan daerah yang dilayani dalam praktik sudah biasa dilakukan dalam rangka mengurangi kebutuhan air irigasi. Namun, perlu kehati-hatian dalam menetapkan daerah yang tidak dilayani jangan sampai terjadi konflik sosial.

2.5.1.2 Modifikasi Rencana Pembagian Air

Ada dua upaya yang dapat dikelompokkan, yaitu:

1. Mengurangi alokasi air, dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Mengurangi alokasi pemberian air
 - b. Memperpanjang interval/selang waktu pemberian air
 - c. Memberi air hanya pada tanaman yang disepakati/ditetapkan

Mengurangi alokasi pemberian air, dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu:

- a. Pengurangan dilakukan secara proporsional tanpa mempertimbangkan pengaruh merugikan pada produksi tanaman.
- b. Pengurangan dilakukan dengan pertimbangan memperkecil pengaruh merugikan pada produksi tanaman.

Cara pertama lebih sederhana dan lebih sering digunakan, sedangkan cara kedua lebih rumit tetapi keberhasilan tanamannya lebih baik. Pengurangan pemberian air secara proporsional akan dibahas lebih rinci pada modul: Penyediaan kebutuhan air dengan metode pasten, FPR dan faktor K.

Memperpanjang selang waktu pemberian air, biasa dilakukan untuk menanggulangi kekurangan air. Namun cara ini harus mempertimbangkan pengaruhnya terhadap pengurangan produksi.

Pemberian air hanya pada tanaman yang disepakati/ditentukan, ini dapat dilakukan pada daerah irigasi dimana jenis tanaman yang ditanam bermacam-macam. Biasanya tanaman yang ditentukan untuk tetap diberi air adalah padi.

2. Mengubah cara pembagian air

Secara garis besar ada dua cara pembagian air, yaitu :

a. Pemberian air secara terus-menerus (*continuous flow*).

Cara ini petani diberi air dengan debit kecil secara terus menerus untuk menggantikan air evapotranspirasi tumbuhan dan kehilangan air perkolasi. Pemberian air dihentikan bila curah hujan cukup untuk menggantikan air evapotranspirasi tumbuhan dan kehilangan air perkolasi.

b. Rotasi teknis golongan (Rev KP 01 hal V-11)

Rotasi teknis golongan akan dapat mengurangi puncak kebutuhan air irigasi. Namun rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk daerah irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih.

Pemberian air cara pertama (terus menerus) dapat digantikan dengan cara kedua (rotasi teknis golongan) apabila bermaksud untuk mengurangi kebutuhan air. Perubahan cara pemberian air ini, lebih dulu perlu dibahas dengan masyarakat petani.

2.5.2 Rencana Pemberian Air Irigasi

2.5.2.1 Rencana Pembagian dan Pemberian Air Tahunan

Rencana Tahunan Pembagian dan Pemberian Air Irigasi disusun oleh dinas kab/kota atau provinsi yang membidangi irigasi sesuai dengan kewenangannya berdasarkan rencana tahunan penyediaan air irigasi dan pemakaian air untuk keperluan lainnya.

Rencana pembagian dan pemberian air setelah disepakati oleh Komisi Irigasi kabupaten/kota atau provinsi dan ditetapkan melalui keputusan bupati/walikota, gubernur, atau menteri sesuai kewenangannya dan/atau penyelenggaraan wewenang yang dilimpahkan kepada pemerintah daerah yang bersangkutan.

Rencana tahunan pembagian dan pemberian air irigasi pada daerah irigasi lintas provinsi dan strategis nasional yang belum dilimpahkan kepada pemerintah provinsi atau pemerintah kabupaten/kota disusun oleh instansi pusat yang membidangi irigasi/sumber daya air dan disepakati bersama dalam forum koordinasi komisi irigasi atau sebagainya yang ditetapkan oleh menteri.

Ada beberapa cara pemberian air irigasi:

1. Kondisi debit lebih besar dari 70% debit rencana, air irigasi dari saluran primer dan sekunder dialirkan secara terus-menerus (*continuous flow*) ke petak-petak tersier melalui pintu sadap tersier.
2. Kondisi debit 50-70% dari debit rencana, air irigasi dialirkan ke petak-petak tersier dilakukan dengan rotasi. Pelaksanaan rotasi dapat diatur antar saluran sekunder misalnya jaringan irigasi mempunyai 2 (dua) saluran sekunder A dan sekunder B maka rotasi dilakukan selama 3 (tiga)

hari air irigasi dialirkan ke sekunder A dan 3 (tiga) berikutnya ke sekunder B demikian seterusnya setiap 3 (tiga) hari dilakukan penggantian sampai suatu saat debitnya kembali normal.

3. Cara pemberian air terputus-putus (*intermittent*) dilaksanakan dalam rangka efisiensi penggunaan air pada jaringan irigasi yang mempunyai sumber air dari waduk atau dari sistem irigasi pompa, misalnya 1 (satu) minggu air waduk dialirkan ke jaringan irigasi dan 1 (satu) minggu kemudian waduknya ditutup, demikian seterusnya sehingga setiap minggu mendapat air dan satu minggu kemudian tidak mendapat air.

2.5.2.2 Rencana Pembagian dan Pemberian Air pada Jaringan Sekunder dan Primer

Setelah ditetapkan rencana pembagian dan pemberian air tahunan oleh bupati/walikota, gubernur, atau menteri maka masing-masing pengelola irigasi tersebut menyusun rencana pembagian dan pemberian air pada jaringan sekunder dan primer.

Perencanaan tersebut disesuaikan dengan luas areal yang telah ditetapkan akan mendapatkan pembagian dan pemberian air dari jaringan sekunder dan primer. Perencanaan tersebut merupakan jumlah Rencana Pemberian Air (RPA) di petak tersier ditambah kehilangan air di saluran primer dan sekunder.

2.6 Risiko Gagal Lahan

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat

sesuatu secara optimal. Optimasi air irigasi merupakan suatu komponen yang sangat penting didalam pengelolaan air irigasi. (Hidayat, 2001), selanjutnya dikatakan bahwa optimasi akan dicapai apabila terjadi kesetimbangan air (*water balance*) antara ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi. Asep Kurnia Hidayat mengembangkan desain formula optimalisasi manajemen air irigasi dan resmi dipatenkan oleh Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual pada 16 November 2020. Berikut surat pencatatan yang dirilis oleh Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia perihal perumusan formula yang dikembangkan disajikan pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Bukti Desain Formula yang Diakui Pemerintah

Sumber: repositori.unsil.ac.id

Hal yang dikembangkan dalam formula tersebut adalah pengoptimalan dengan mempertimbangkan risiko gagal lahan sebagai kondisi pembatas agar

seorang perancang kebijakan irigasi memperhitungkan tata kelola tanam irigasi dengan risiko yang tersedia. Rumus-rumus yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$QAIPk = DR \times k_{rata-rata} \quad (2.39)$$

$$KKA = Q_{tersedia} - QAIPk \quad (2.40)$$

$$Rga_r = \frac{KKA}{Q_{andalan}} \quad (2.41)$$

$$Re = \frac{\text{Jumlah sukses pemberian air}}{\text{Jumlah periode tanam pengamatan}} \quad (2.42)$$

$$Rga = 1 - Re \quad (2.43)$$

$$\%Rga = \frac{QAIPk_{total}}{Q_{tersedia}} \times 100 - 100 \quad (2.44)$$

$$In = \frac{\%Rga}{\%Rga_{maks}} \quad (2.45)$$

$$Rgl_{jhx} = In \cdot Rga \left[1 - (Re)^{\frac{DR}{Q_{80}}} \right] \cdot A.C \quad (2.46)$$

$$\text{Gagal Lahan} = Rgl_{jhx} \cdot Rga \quad (2.47)$$

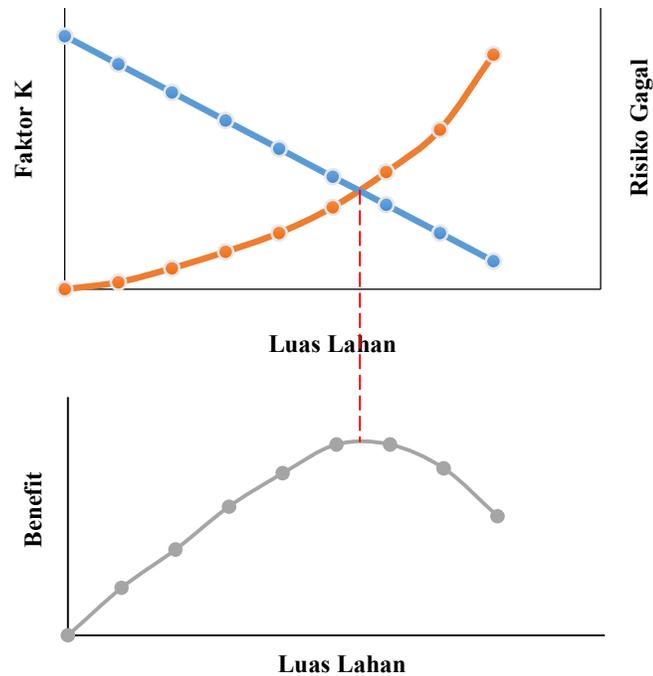
di mana,

$QAIPk$: kebutuhan air di pintu pengambilang dengan pengaruh faktor k

Re : reliabilitas

- Rga : risiko gagal lahan
- $\%Rga$: persentase risiko gagal pemberian air
- In : indeks risiko gagal pemberian air
- Rgl_{jha} : biaya risiko gagal lahan (Rp)
- A : luas lahan (ha)
- C : keuntungan hasil pertanian per ha (Rp/ha)

Kajian ini didekati dengan bantuan dua diagram grafik, diagram pertama adalah grafik hubungan antara luas lahan dengan faktor k dan risiko gagal lahan, dan diagram kedua adalah grafik hubungan antara luas lahan dan net benefit. Secara skematis model optimasi yang ingin dihasilkan adalah sebagai berikut:

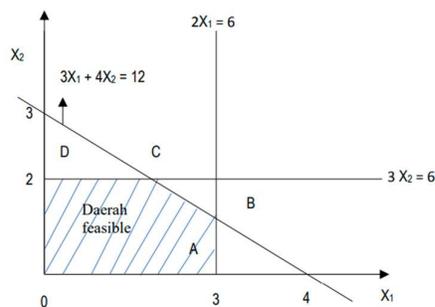


Gambar 2.3 Kondisi Optimal yang Diharapkan (*Expected Condition*)

2.7 Linear Programming

Linear Programming atau Pemrograman Linier merupakan salah satu upaya untuk menyelesaikan permasalahan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas di antara beberapa aktivitas yang berlangsung dengan cara terbaik yang memungkinkan. Salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemrograman linier adalah metode simpleks. Metode simpleks merupakan metode yang umum digunakan untuk menyelesaikan seluruh problem program linier, baik yang melibatkan dua variabel keputusan maupun lebih dari dua variabel keputusan.

Metode simpleks pertama kali diperkenalkan oleh George B. Dantzig pada tahun 1947 dan telah diperbaiki oleh beberapa ahli lain. Metode penyelesaian dari metode simpleks ini melalui perhitungan ulang (*iteration*) dimana langkah-langkah perhitungan yang sama diulang-ulang sebelum solusi optimal diperoleh. Penentuan solusi optimal menggunakan metode simpleks didasarkan pada teknik eliminasi Gauss Jordan. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan iteratif. Sehingga penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan tahap demi tahap yang disebut dengan iterasi. Iterasi ke- i hanya tergantung dari iterasi sebelumnya ($i-1$). (Zulyadaini, 2017)



Gambar 2.4 Daerah Penyelesaian Fungsi dengan Program Linier

Sumber: Susdarwono, 2020

Istilah-istilah yang sering digunakan dalam metode simpleks antara lain adalah:

1. Iterasi, tahapan perhitungan yang nilainya tergantung dari nilai sebelumnya. Sifatnya berulang sampai menemukan nilai tujuan.
2. Variabel non basis adalah variabel yang nilainya diatur menjadi nol pada sembarang iterasi.
3. Variabel basis merupakan variabel yang nilainya bukan nol pada sembarang iterasi.
4. Solusi atau nilai kanan merupakan nilai sumber daya pembatas yang tersedia.
5. Variabel *slack* adalah variabel yang ditambahkan ke dalam model matematik kendala yang mengubah pertidaksamaan berupa kurang dari atau sama dengan (\leq) menjadi persamaan (=).
6. Variabel surplus adalah variabel yang dikurangkan dari model matematik kendala untuk mengubah pertidaksamaan lebih dari atau sama dengan (\geq) menjadi persamaan (=).

Secara umum, bentuk matematis dari suatu program linier terdiri dari fungsi tujuan yang dapat memaksimumkan atau meminimumkan serta fungsi pembatas yang membatasi sumber daya yang ada untuk mencapai kondisi optimum. Berikut ini merupakan bentuk matematis dari suatu program linier (Syahputra, 2015):

1. Fungsi Tujuan

Maksimumkan/Minimumkan

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

2. Fungsi Pembatas/Kendala

$$a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

.....

$$a_{m1}X_{m1} + a_{m2}X_{m2} + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$