

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 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*).

##### 2.1.1 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:

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

$$b_j = r_j \frac{s_{j+1}}{s_j} \quad (2-2)$$

$$r_j = \frac{c_1}{c_2} \quad (2-3)$$

$$c_1 = \sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j) (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1}) \quad (2-4)$$

$$c_2 = \sqrt{\sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j)^2 \sum_i (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1})^2} \quad (2-5)$$

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

## 2.1.2 Uji Validitas Debit Bangkitan

### 2.1.2.1 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:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad (2-6)$$

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. 1 Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

<b>NSE Value</b>	<b>Interpretation</b>
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

### 2.1.2.2 Uji 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:

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i - \sum_{i=1}^N Y_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N X_i - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Y_i - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2}} \quad (2-7)$$

di mana:

$X_i$  : data observasi (data aktual).

$Y_i$  : data simulasi atau data bangkitan.

$N$  : jumlah data.

Tabel 2. 2 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi (R)

<b>R Value</b>	<b>Interpretation</b>
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>

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

### 2.1.2.3 Uji Ketiadaan Trend

Tren dalam hidrologi dapat diartikan sebagai korelasi antara waktu dengan ariasi suatu variabel. Uji korelasi peringkat dapat dilakukan dengan menggunakan metode spearman dengan menggunakan persamaan berikut (Soewarno., 1995, P.87):

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3} \quad (2-8)$$

$$t = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-9)$$

di mana :

KP = n korelasi peringkat dari Spearman

n = jumlah data

dt =  $R_t - T_t$

$T_t$  = Peringkat dari waktu

$R_t$  = Peringkat variabel hidrologi

T = Nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat

kepercayaan tertentu umumnya 5%

Uji-t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi saling tergantung atau tidak, dalam hal ini yang diuji Tt dan Rt. Untuk mengetahui variabel hidrologi tersebut saling tergantung (*depent*) atau tidak tergantung (*independent*) digunakan uji-t (Limantara., 2018). Nilai kritis tc untuk distribusi t-uji dua sisi disajikan pada tabel 2.3.

Hipotesa sebagai berikut:

- Hipotesa diterima jika nilai  $t < t_c$ , tidak ada trend (Rt dan Tt independen tidak saling tergantung)
- Hipotesa ditolak jika nilai  $t < t_c$ , ada trend

Tabel 2. 3 Nilai Kritias tc Untuk Distribusi-T Uji Dua Sisi

<b>n</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>97,5%</b>
1	0,325	0,727	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706
2	0,289	0,617	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303
3	0,277	0,584	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182
4	0,271	0,569	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776
5	0,267	0,559	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571
6	0,265	0,553	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447
7	0,263	0,549	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365
8	0,262	0,546	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306
9	0,261	0,543	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262
10	0,260	0,542	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228
11	0,260	0,540	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201
12	0,259	0,539	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179
13	0,259	0,537	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160
14	0,258	0,537	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145
15	0,258	0,536	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131
16	0,257	0,535	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120
17	0,257	0,534	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110
18	0,257	0,534	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101
19	0,257	0,533	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093
20	0,257	0,533	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086

n	60%	70%	80%	85%	90%	95%	97,5%
21	0,257	0,532	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080
22	0,256	0,532	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074
23	0,256	0,532	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069
24	0,256	0,531	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064
25	0,256	0,531	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060
26	0,256	0,531	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056
27	0,256	0,531	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052
28	0,256	0,530	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048
29	0,256	0,530	0,844	1,055	1,311	1,699	2,045
30	0,256	0,530	0,844	1,055	1,310	1,697	2,042
40	0,255	0,529	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021
60	0,254	0,527	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000
120	0,254	0,526	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980

Sumber : Soewarno., 1995

#### 2.1.2.4 Uji Konsistensi

Konsistensi suatu data debit dalam suatu data runtut waktu perlu diuji kepengangannya. Uji kepengangan atau uji konsistensi ini perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas data yang digunakan. 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 Pataruman. 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 ( $Sk^*$ )

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Q_i - \bar{Q}), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2-10)$$

dengan:

$Sk^*$  : nilai kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata

3. Menghitung nilai  $D_y$

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n}} \quad (2-11)$$

dengan:

$D_y$  : simpangan baku dari data Y

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

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{D_y} \quad (2-12)$$

dengan:

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

5. Menghitung nilai statistik  $Q$  dan  $R$

$$Q = |Sk^{**}| \text{ maksimum} \quad (2-13)$$

$$R = |Sk^{**}| \text{ maksimum} - |Sk^{**}| \text{ minimum} \quad (2-14)$$

6. Selanjutnya membandingkan nilai  $Q_{hitung}$  dan  $R_{hitung}$  dengan  $Q_{kritis}$  dan

$R_{kritis}$  sebagaimana ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 2. 3 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

Jumlah Data (n)	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
>100	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber: Sri Harto Br, 1993

### 2.1.2.5 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*).

#### 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:

$$F = \frac{N_1 S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 S_2^2 (N_1 - 1)} \quad (2-15)$$

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. 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  $\sigma$  dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(N_1-1)S_1^2 + (N_2-1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (2-16)$$

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

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (2-17)$$

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.

### 2.1.3 Debit Andalan

Debit andalan dihitung dengan tujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan selalu tersedia di sungai. Umumnya debit andalan dihitung untuk perencanaan air irigasi, namun pertimbangan mengenai penggunaan air selain untuk kebutuhan irigasi. Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai penentuan probabilitas (%) dalam mengambil debit andalan berdasarkan kebutuhannya:

Tabel 2. 4 Debit Andalan Sesuai Kebutuhan

<b>Kebutuhan</b>	<b>Debit Andalan (%)</b>
Air minum	99
Air irigasi	95 – 98
Air irigasi	
1. Daerah beriklim setengah lembab	70 – 85
2. Daerah beriklim kering	80 – 95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90

Sumber : Mori, 2003

(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. Berikut rumus untuk metode *ranking*:

$$P = \frac{m}{(n + 1)} \times 100\% \quad (2-18)$$

di mana :

- $P$  : probabilitas (%)
- $m$  : nomor urut data debit
- $n$  : jumlah data pengamatan debit

## **2.2 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). 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, rembesan, penggantian lapisan air, serta curah hujan efektif.

### **2.2.1 Curah Hujan**

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi millimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan Negara yang memiliki curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berbeda pada ketinggian yang berbeda-beda. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

### 2.2.1.1 Curah Hujan Rerata Kawasan

Perhitungan hidrologi daerah aliran sungai memerlukan perhitungan hujan rata-rata karena diasumsikan bahwa hujan yang terjadi distribusinya dianggap merata pada suatu daerah aliran sungai. Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Dalam analisis hidrologi kebutuhan air sawah ini menggunakan data curah hujan yang diambil dari 3 stasiun hujan yaitu Padaringan, Pataruman dan Langensari. Metode yang digunakan dalam menentukan curah hujan rata-rata wilayah adalah metode rata-rata aljabar (*Arithmetic Mean Method*). Karena dalam perhitungan curah hujan wilayah membutuhkan kecepatan dalam perhitungan. Metode rata-rata aljabar baik untuk digunakan apabila kondisi hujan, topografi dan letak stasiun hujannya memiliki ciri-ciri (B. Triatmojo, 2013) :

1. Distribusi hujan merata di seluruh kawasan DAS.
2. Daerah pantauan hujan relatif datar.
3. Stasiun hujan tersebar merata pada DAS.

Metode ini memberikan hasil yang dapat dipercaya asalkan pos-pos penakarannya terbagi merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar. Perhitungan hujan rata-rata metode aljabar dilakukan dengan cara membagi rata jumlah hujan dari hasil pencatatan stasiun yang ada pada daerah aliran sungai. Perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode rata-rata aljabar disajikan menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{n} \quad (2-19)$$

di mana :

P : Curah hujan wilayah

P<sub>1</sub> : Curah hujan pada Stasiun pada pos penakar hujan 1

P<sub>n</sub> : Curah hujan pada Stasiun pada pos penakar hujan n

n : Banyak pos curah hujan yang digunakan

### 2.2.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap ke udara bergerak dari permukaan tanah, permukaan air dan penguapan melalui tanaman. Jika air yang tersedia dalam tanah cukup banyak maka evapotranspirasi itu disebut Evapotranspirasi Potensial. Evapotranspirasi sering disebut sebagai kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi evaporasi dan evapotranspirasi adalah suhu air, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, tekanan udara dan sinar matahari yang saling berhubungan satu dengan yang lain. Rumus Penmann dalam bentuknya yang dimodifikasi adalah seperti berikut:

$$ET_o = C(W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d)) \quad (2-20)$$

$$e_d = e_a \cdot RH \quad (2-21)$$

$$f(e_d) = 0,34 - 0,44\sqrt{e_d} \quad (2-22)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9(Nn) \quad (2-23)$$

$$f(u) = 0,27 + (1 + 100 U^2) \quad (2-24)$$

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (2-25)$$

$$Rs = (0,25 + 0,54(n/N)) \times Ra \quad (2-26)$$

$$Rns = (1 - \alpha) Rs \quad (2-27)$$

$$Rn = Rns - Rn1 \quad (2-28)$$

di mana:

$ETo$  : 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  $ETo = 0,27 \times (1 + U^2/100)$ , 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 (%)

$Rn_l$  : radiasi bersih gelombang panjang

$R_s$  : radiasi gelombang pendek

$R_a$  : radiasi ekstraterrestrial/nilai angot

Beberapa paramater perhitungan evapotranspirasi diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Tekanan uap jenuh, faktor penimbang dan fungsi suhu

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

Tabel 2. 5 Nilai Faktor Penimbang Berdasarkan Hubungan Ketinggian dan Suhu

<b>Z (m)</b>	<b>Temperatur (°C)</b>								
	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 Temp.

<b>Temperatur (°C)</b>	<b>W</b>	<b>f(T)</b>	<b><math>e_a</math> (mbar)</b>
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 (Ra)

Nilai  $R_a$  dapat diperoleh dengan cara interpolasi dari tabel radiasi ekstraterrestrial sebagai berikut ini:

Tabel 2. 7 Nilai Radiasi Ekstraterrestrial (Ra)

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

1. Angka Koreksi Musim Penman

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

Tabel 2. 8 Faktor Koreksi Musim 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	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Sumber: Suroso, 2011



## 2. Koefisien pemantulan/Albedo

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

Tabel 2. 9 Koefisien Albedo

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

Sumber: Soemarto, 1995

### 2.2.3 Kebutuhan Air Irigasi Pada Sawah

Perhitungan kebutuhan air irigasi padi didasarkan pada Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01) yang mengacu pada ketentuan Pekerjaan Umum tahun 2013 (Pekerjaan Umum, 1986). Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor seperti Penyiapan lahan, Penggunaan konsumtif, Perkolasi dan rembesan, Pergantian lapisan air dan curah hujan efektif. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

#### 1. Kebutuhan air selama penyiapan lahan

Pengolahan lahan dilakukan pada awal musim tanam. Lamanya pengolahan lahan sangat tergantung dengan alat yang digunakan. Metode didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama periode 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:

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan.
- b. 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 1,5 bulan dijadikan pedoman untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier, dengan rumus sebagai berikut:

$$IR = M \cdot \frac{e^k}{(e^k - 1)} \quad (2-24)$$

di mana :

IR : Kebutuhan air untuk masa penyiapan lahan (liter/dt)

M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hari),

$$M = E_o + P \quad (2-25)$$

di mana :

E<sub>o</sub> : Evaporasi air terbuka (mm/hari),

$$E_o = 1,1 \cdot E_{to} \quad (2-26)$$

di mana:

K : Nilai kebutuhan dasar,

$$K = \frac{M \cdot T}{S} \quad (2-27)$$

di mana :

T : Jangka waktu penyiapan lahan

S : Kebutuhan air, untuk penjemuran ditambahkan lapisan air

e : bilangan Euler/natural/Napier (= 2,718...)

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

Tabel 2. 10 Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

<b><math>M = E_0 + P</math></b>	<b>T = 30 hari</b>		<b>T = 45 hari</b>	
	<b>S = 250 mm</b>	<b>S = 300 mm</b>	<b>S = 250 mm</b>	<b>S = 300 mm</b>
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. Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi

Besarnya kebutuhan air irigasi (NFR) untuk padi adalah :

$$NFR = ETc + P + WLR - Re \quad (2-28)$$

di mana :

*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*)

$$DR = \frac{NFR A}{8,64EI} \quad (2-30)$$

di mana :

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

*A* : luas lahan (ha)

*EI* : efisiensi irigasi

### 2.2.4 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. 11 Efisiensi Irigasi untuk Tanaman Ladang

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

Sumber : KP-01, 2013

Hasil efisiensi menyatakan tingkat pencapaian pada perencanaan kebutuhan air irigasi dalam rangka pemenuhan distribusi air ke para petani dan menghindari resiko kegagalan pemberian air.

### 2.2.5 Penggunaan Air Konsumtif Tanaman

Penggunaan air konsumtif tanaman merupakan besar kebutuhan air yang hilang akibat evapotranspirasi untuk tanaman atau varietas yang ditanam. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman adalah sebagai berikut :

$$ET_c = k_c \times ET_o \quad (2-32)$$

dengan:

$ET_c$  : kebutuhan air tanaman (mm/hari)

$k_c$  : koefisien tanaman

$ET_o$  : 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 bersumber dari Kriteria Perencanaan 01 Irigasi tahun 2013 yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman sebagai berikut :

Tabel 2. 12 Koefisien Tanaman Padi

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

Sumber : KP-01, 2013

Tabel 2. 13 Koefisien Tanaman Palawija

Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	Setengah bulan ke-								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedelai	85	0,50	0,75	1,00	1,00	0,82	0,45*			
Jagung	80	0,50	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*			
Kacang tanah	130	0,50	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55	0,55*
Bawang	70	0,50	0,51	0,69	0,90	0,90*				
Buncis	75	0,50	0,64	0,89	0,95	0,88				

Sumber : KP-01, 2013

### 2.2.6 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 c. Besarnya perkolasi menurut *Rice Irrigation in Japan* OTCA tahun 1973 adalah sebagai berikut:

1. *Sandy Loam* (Geluh Pasiran) : 3 - 6 mm/hari
2. *Loam* (Geluh) : 2 - 3 mm/hari
3. *Clay Loam* (Geluh Lempungan) : 1 - 2 mm/hari

Sedangkan menurut Standar Perencanaan Irigasi, Direktorat Jenderal Pengairan Departemen PU, besarnya perkolasi pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengilahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 sampai 3 mm/hari. Pada tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi.

### 2.2.7 Pergantian 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.

### 2.2.8 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 *basic year* yaitu :

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (2-33)$$



$$R_{80} = \frac{n}{2} + 1 \quad (2-34)$$

di mana:

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

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

$n$  : jumlah tahun pengamatan

#### **2.2.8.1 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:

$$R_e = 0,7 R_{80} \quad (2-35)$$

di mana:

$R_e$  : curah hujan efektif untuk padi (mm)

#### **2.2.8.2 Curah Hujan Efektif untuk Palawija**

Tanaman palawija memiliki perhitungan yang cukup berbeda dengan tanaman padi mengingat kebutuhan air untuk tanaman palawija tidak sebanyak padi. Palawija menjadi salah satu opsi dalam modifikasi pola tanam optimalisasi karena dapat mengurangi kebutuhan air irigasi sehingga berkurangnya eksploitasi ketersediaan air pada sungai eksisting. Besarnya curah hujan efektif untuk palawija diambil 50% dari nilai probabilitas  $R_{80}$ . Persamaan untuk curah hujan efektif palawija adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,5 R_{80} \quad (2-36)$$

di mana:

$R_e$  : 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 sebagaimana tabel berikut ini:

Tabel 2. 14 Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija Rata-rata Bulanan Dikaitkan dengan  $ET_o$  Bulanan Rata-rata dan Curah Hujan Rata-rata Bulanan

CH (mm)	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
<b>Eto</b>													
<b>25</b>													
<b>50</b>	32	39	46										
<b>75</b>	34	41	48	56	62	69							
<b>100</b>	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
<b>125</b>	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
<b>150</b>	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
<b>175</b>	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
<b>200</b>	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	141	150
<b>225</b>	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
<b>250</b>	50	50	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber : USDA (SCS, 1696)

### 2.3 Neraca Air (Imbang Air)

Perhitungan Neraca air dilakukan guna memeriksa apakah ketersediaan air cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Perhitungan didasari pada periode mingguan atau setengah bulanan. Perhitungan neraca air memiliki tiga pokok unsur yaitu:

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

Perhitungan neraca air sudah dilakukan pada tahap design, tetapi pada tahap operasinya, ketersediaan dan kebutuhan air akan selalu berubah sehingga tahap operasi ini 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 diberikan untuk tata tanam atau pola tanam yang akan digunakan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulanan dan luas daerah yang akan diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka rencana tata tanam (khususnya pola tanam dan luas tanam) yang direncanakan dapat digunakan. Luas areal yang bisa diairi sama dengan luas maksimum daerah layanan.

Bila debit yang tersedia tidak melimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan air, maka perlu disiapkan rencana upaya mengurangi kesenjangan antara ketersediaan dengan kebutuhan air (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014).

## **2.4 Optimalisasi dan Regulasi**

Optimalisasi Irigasi bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum berdasarkan daerah layan pada daerah irigasi tersebut, sehingga didapatkan hasil produktifitas pertanian dalam keadaan optimum. Dengan terpenuhinya kebutuhan air dari ketersediaan air yang ada maka kondisi tersebut dinyatakan optimum.

### **2.4.1 Faktor K**

Nilai faktor k dapat di simulasikan dengan simulasi kebutuhan air irigasi karena sesungguhnya nilai faktor k sangat tergantung pada nilai kebutuhan air

irigasi sedangkan nilai ketersediaan air lebih bersifat “*given*”. Secara umum persamaan faktor k di tingkat intake sebagai berikut:

$$\text{Faktor K} = \frac{\text{Debit Andalan}}{\text{Debit Kebutuhan Irigasi}} \quad (2-37)$$

Faktor K merupakan ratio antara ketersediaan air minimum dengan kebutuhan air irigasi pada titik atau daerah yang ditinjau. Faktor K menggambarkan tingkat keberhasilan pemberian air irigasi terhadap neraca air ketersediaan air. Faktor K yang diizinkan dan dikatakan optimal adalah Faktor K > 0,7, artinya memiliki kondisi optimum dan tidak perlu ada optimalisasi pada daerah irigasi. Berdasarkan nilai faktor k tersebut di atas, maka didapatkan nilai faktor K dalam beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Harga Faktor K > 1,0

Air yang ada di bangunan utama mampu mencukupi seluruh areal sawah setiap waktu dan air dapat dialirkan secara terus menerus

2. Harga Faktor  $0,7 < K < 1,0$

Dalam keadaan ini dapat dipertahankan aliran air yang terus menerus, namun pemberian air harus disesuaikan sebanding dengan faktor k. Pengurangan sampai dengan 30% atau k = 0.7 masih memungkinkan tanaman bertahan hidup, namun debit pada setiap pintu bangunan bagi atau sadap dikurangi sesuai dengan nilai faktor k tersebut.

3. Harga Faktor  $0,5 < K < 0,7$

Bila hal ini terjadi, air yang tersedia tidak mencukupi. Tindakan diatas bisa dilaksanakan atau dengan melakukan pemberian air secara bergilir.

4. Harga faktor k < 0.5

Dalam keadaan ini tanaman akan mengalami kesulitan dalam pertumbuhan. Oleh karena itu tindakan pengoptimalisasian perlu dilakukan.

#### **2.4.2 Modifikasi Jadwal Tanam**

Upaya modifikasi jadwal tanam bertujuan untuk mengefektifkan dan mengoptimalkan penggunaan air, termasuk memanfaatkan air hujan yang ada sebaik mungkin. Pengaturan jadwal tanam didasari pada pelaksanaan pola tanam dan dapat diatur untuk menekan kebutuhan air irigasi.

#### **2.4.3 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. Reduksi luas daerah irigasi yang diairi

Kemungkinan berkurangnya kebutuhan puncak dipicu 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. Dengan melakukan perubahan tanaman eksisting dengan tanaman lain yang memerlukan lebih sedikit air seperti palawija, dengan itu kebutuhan air dapat dikurangi.

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

#### **2.4.4 Reduksi Lahan Irigasi**

Reduksi lahan irigasi dilakukan apabila debit ketersediaan tidak mampu melayani kebutuhan air sepanjang tahun. Untuk mengetahui apakah perlu atau tidaknya reduksi lahan dapat dilihat dari nilai faktor K rata-rata tahunan  $< 0,5$ , artinya sepanjang tahun itu memang debit ketersediaan air tidak mampu melayani debit kebutuhan air pada luasan daerah irigasi tersebut.

#### **2.4.5 Optimalisasi**

Optimalisasi adalah sebuah proses menemukan praktik terbaik yang dilakukan untuk mencapai hasil yang maksimal dan ideal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada sebaik mungkin. Optimalisasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Sebagaimana dikutip dari Buras (1975) dalam JP. Pantouw (1988) Optimasi sebagai suatu sistem dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu:

1. Aplikasi terhadap teknik analisis (*Linear Programming, Dynamic Programming*, dan lain-lain)
2. Teknik simulasi
3. Kombinasi teknik analisis dan teknik simulasi
4. Kombinasi *linear programming* dan *dynamic programming*

Metode optimasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berbasis *program linier* yang dikombinasikan dengan teknik simulasi.

#### **2.4.6 Metode Program Linear**

Pada dasarnya program linier memiliki tiga unsur penting (Wijaya dkk, 1995), yaitu Variabel Putusan merupakan variabel yang akan dicari dan memberi nilai yang paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai, Fungsi Tujuan adalah fungsi

matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan. Fungsi tujuan merupakan rumusan dari tujuan pokok, fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah nilai keuntungan petani. Fungsi kendala atau fungsi pembatas merupakan persamaan-persamaan yang membatasi fungsi tujuan pokok. Fungsi pembatas pada penelitian ini adalah kapasitas maksimum bendung, luas lahan Daerah Irigasi Lakbok Utara. Model matematika yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi tujuan (*objective function*)

$$Z = X_p \cdot X_{1a} + X_j \cdot X_{1b} + X_p \cdot X_{2a} + X_j \cdot X_{2b} + X_p \cdot X_{3a} + X_j \cdot X_{3b}$$

dengan:

$Z$  : nilai tujuan (dimaksimumkan) (ha atau Rp)

$X_p$  : pendapatan produksi padi (Rp/ha)

$X_j$  : pendapatan produksi palawija (Rp/ha)

$X_{1a}$  : luas lahan tanaman padi masa tanam 1 (ha)

$X_{1b}$  : luas lahan tanaman palawija masa tanam 1 (ha)

$X_{2a}$  : luas lahan tanaman padi masa tanam 2 (ha)

$X_{2b}$  : luas lahan tanaman palawija masa tanam 2 (ha)

$X_{3a}$  : luas lahan tanaman padi masa tanam 3 (ha)

$X_{3b}$  : luas lahan tanaman palawija masa tanam 3 (ha)

2. Fungsi kendala (*constraint function*)

a. Luas lahan maksimum

$$X_{1a} + X_{1b} \leq A \quad X_{2a} + X_{2b} \leq A \quad X_{3a} + X_{3b} \leq A$$

dengan:

$A$  : luas Daerah Irigasi Lakbok Utara

*b.* Volume air tersedia

$$V_{1p}.X_{1a} + V_{1j}.X_{1b} \leq V_1$$

$$V_{2p}.X_{1a} + V_{2j}.X_{1b} \leq V_2$$

$$V_{3p}.X_{1a} + V_{3j}.X_{1b} \leq V_3$$

dengan:

$V_{1p}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 1 (m<sup>3</sup>/ha) (periode  
1 s.d. 8)

$V_{2p}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 2 (m<sup>3</sup>/ha) (periode  
9 s.d. 16)

$V_{3p}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 3 (m<sup>3</sup>/ha) (periode  
17 s.d. 24)

$V_{1j}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 1 (m<sup>3</sup>/ha)

$V_{2j}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 2 (m<sup>3</sup>/ha)

$V_{3j}$  : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 3 (m<sup>3</sup>/ha)

$V_1$  : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 1 (m<sup>3</sup>)

$V_2$  : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 2 (m<sup>3</sup>)

$V_3$  : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 3 (m<sup>3</sup>)

#### **2.4.7 POM-QM**

POM-QM adalah perangkat lunak yang biasa digunakan pada bidang manajemen operasional, metode kuantitatif atau riset operasi POM-QM dirancang untuk membantu dalam mempelajari dan memahami permasalahan pada bidang operasional. Perangkat ini dapat digunakan baik untuk memecahkan masalah atau untuk memeriksa jawaban yang telah diselesaikan secara manual.



#### **2.4.8 Microsoft Excel Solver**

Solver merupakan salah satu fasilitas tambahan/optional (*add-in*) yang disediakan oleh Microsoft Excel yang berfungsi untuk mencari nilai optimal suatu formula pada satu sel saja (yang biasa disebut sebagai sel target) pada worksheet/lembar kerja. Solver dapat menyelesaikan masalah program linear dengan beberapa fungsi dan kendala yang dibuat.

#### **2.4.9 Rencana Pembagian dan Pemberian Air Irigasi**

Ada dua upaya yang dapat dikelompokkan yaitu:

1. Mengurangi alokasi air, dapat dilakukan dengan cara:
  - a. Mengurangi alokasi pemberian air
  - b. Memperpanjang interval atau selang waktu pemberian air
  - c. Memberi air hanya pada tanaman yang disepakati/ditetapkan
2. Mengurangi alokasi pemberian air, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:
  - a. Pengurangan dilakukan secara proporsional dilakukan dengan tanpa mempertimbangkan pengaruh merugikan pada produksi tanam.
  - b. Pengurangan dilakukan dengan pertimbangan memperkecil pengaruh merugikan pada produksi tanaman.

Cara pertama tergolong lebih sederhana dibandingkan dengan cara kedua, akan tetapi cara kedua tingkat keberhasilannya lebih baik walau lebih rumit. Pengurangan pemberian air secara proporsional akan dibahas lebih rinci dalam modul/buku: 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 kekurangan produksi. Pemberian air hanya pola tanam yang disepakati/ditentukan oleh pemangku kebijakan, ini dapat dilakukan pada daerah irigasi dimana jenis tanaman yang ditanam bermacam-macam. Biasanya tanaman yang ditentukan untuk tetap diberi air adalah padi.

### 3. Mengubah cara pembagian air

#### a. Pemberian air secara terus menerus (*continous flow*)

Pemberian air secara terus menerus petani diberi air dengan debit kecil secara terus menerus untuk mengganti lapisan air akibat evapotranspirasi tumbuhan dan kehilangan air akibat perkolasi. Pemberian air dihentikan bila curah hujan dirasa cukup untuk menggantikan kehilangan air.

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

Rotasi teknis atau 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 memiliki luas sekitar 10.000 ha dan/atau lebih.

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

#### **2.4.9.2 Rencana Pembagian dan Pemberian Air Tahunan**

Rencana tahunan pembagian dan pemberian air tahunan disusun oleh dinas kabupaten/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 setempat melalui surat keputusan yang ditetapkan oleh bupati/walikota, gubernur atau menteri sesuai kewenangan dan/atau penyelenggaraannya wewenang yang dilimpahkan kepada pemerintah daerah yang bersangkutan.

Rencana tahunan pemberian dan pembagian 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 (*continouse 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 sekunder misalnya jaringan irigasi memiliki 2 (dua) saluran sekunder A dan saluran sekunder B rotasi dilakukan selama 3 (tiga) hari air irigasi dialirkan ke sekunder A dan 3 (hari) hari berikutnya

ke sekunder berikutnya semikian seterusnya sampai suatu saat debitnya kembali normal.

3. Cara pemberian air terputus-putus (*Intermittent*) dilaksanakan dalam rangka efisiensi penggantian air pada jaringan irigasi yang memiliki 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 mendapatkan air.

#### **2.4.9.3 Rencana Pembagian 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 disaluran primer dan sekunder.