

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pertumbuhan pemanfaatan sumberdaya air dalam rangka kebutuhan air mempunyai laju yang sangat penting seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi yang diimbangi pula dengan laju pertumbuhan penduduk. Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan tersebut, kebutuhan terhadap air semakin meningkat dan berbanding terbalik dengan kebutuhan air irigasi yang semakin sulit untuk dipenuhi.

Pemanfaatan air irigasi digunakan untuk mengairi tanaman, selain itu digunakan untuk mengairi peternakan, perikanan dan lain sebagainya. Agar penggunaan air dapat seefisien mungkin, maka dalam pembangunan proyek irigasi banyaknya air yang diperlukan untuk pertanian harus dapat diketahui dengan tepat dan efisien. Besar kebutuhan air irigasi yang tersedia biasanya tidak sesuai dengan kebutuhan air tanaman, karena air sebelum menuju petak sawah tujuan sudah mengalami banyak kehilangan baik dikarenakan adanya pengambilan liar, perkolasi dan kehilangan air akibat faktor jarak petak sawah yang jauh dari pintu pengambilan.

2.2. Pengamatan Debit di Intake

Pengamatan debit di pintu pengambilan (*intake*) dalam hubungannya dengan estimasi adalah besarnya debit air yang harus dipenuhi untuk kebutuhan air irigasi, dihitung berdasarkan kebutuhan air di tiap hektarnya dengan didasarkan pada pola dan waktu tanam serta jenis komoditas yang direncanakan.

Debit air pada intake pada intake yang diukur berdasarkan kebutuhan total air irigasi pada pintu pengambilan dalam satu periode adalah hasil kali kebutuhan air di sawah dengan faktor efisien dan jumlah hari dalam satu periode penanaman atau dapat juga dihitung menggunakan alat ukur yang ada pada intake (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986:157).

Rumus yang digunakan:

$$DR = NFR \times \text{Eff} \quad (2-1)$$

Dengan:

DR = Kebutuhan air irigasi pada pintu pengambilan atau *intake* (mm/hari)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

Eff = Efisiensi irigasi (%)

Perhitungan kebutuhan air irigasi pada daerah persawahan diperoleh dengan persamaan berikut:

a. Untuk tanaman padi

$$\text{NFR} = \text{ET} + \text{WLR} + \text{IR} + \text{P} - \text{Re} \quad (2-2)$$

b. Untuk tanaman palawija

$$\text{NFR} = \text{ET} + \text{P} - \text{Re} \quad (2-3)$$

Dengan:

NFR = Kebutuhan air di sawah (1mm/hari x 10.000/24x60x60= 1) (lt/dt/ha)

ET = Kebutuhan air tanaman (mm/hari)

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

IR = Kebutuhan air untuk pembibitan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

2.3. Pengamatan Debit di Outlet

Pengamatan debit di outlet dilakukan untuk mengetahui apakah debit yang tersedia di lapangan sudah mencukupi kebutuhan air yang diperlukan sampai jaringan irigasi yang dituju. Untuk mengetahui debit air yang keluar pada bangunan irigasi dapat dilakukan dengan cara debit air pada pintu pengambilan dikurangi dengan banyaknya kebutuhan air yang diperlukan pada saat melewati saluran sebelum bangunan outlet, sehingga dapat mengetahui debit air yang tersisa. Selain itu pengamatan debit dapat juga menggunakan alat ukur yang ada jaringan irigasi tersebut.

2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi

Menurut Anonim/KP-01 (1986) menghitung besarnya kebutuhan air irigasi padi ditentukan oleh faktor-faktor pengolahan tanah, penggunaan konsumtif tanaman, perkolasi, pergantian lapisan air dan hujan efektif. Dalam menentukan kebutuhan bersih air di sawah (*Net Field Water Requirement*) harus memperhitungkan faktor kebutuhan konsumtif tanaman dan hujan efektif. Kebutuhan total air di sawah (*Gross Field Water Requirement*) harus memperhitungkan tingkat efisiensi irigasi. Kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari atau liter/detik/ha.

Kebutuhan air tanaman adalah banyaknya air yang dibutuhkan tanaman untuk membentuk jaringan tanaman, diupkan, perkolasi dan pengolahan tanah. Kebutuhan air efektif untuk irigasi adalah kebutuhan air tanaman dikurangi hujan efektif. Hujan efektif

adalah bagian dari hujan total yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, setelah beberapa hilang akibat intersepsi, limpasan dan perkolasi. Intersepsi adalah bagian dari presipitasi yang tetap berada pada permukaan vegetasi, sebagian air yang diintersepsi ini menguap dan sebagian mencapai tanah langsung.

2.4.1. Analisa Curah Hujan

Curah hujan daerah atau wilayah harus berdasarkan perkiraan beberapa titik pengamatan curah hujan. Untuk menghitung curah hujan daerah berdasarkan luas daerah jangkauan dapat digunakan pedoman sebagai berikut (Sosrodarsono, 1987:51):

1. Daerah dengan luas 250 ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur hujan.
2. Luas 250 ha – 50.000 ha dengan 2 atau 3 titik pengamatan dapat digunakan dengan cara rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah antara 120.000 ha – 500.000 ha yang mempunyai titik pengamatan yang tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
4. Untuk daerah yang lebih besar dari 500.000 ha, dapat digunakan cara isohiet.

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun pada tiga stasiun curah hujan yang mewakili Daerah Irigasi Kedungkandang, dilakukan analisa data curah hujan yang diamati dari setiap titik (*point rainfall*) / pos stasiun hujan menjadi curah hujan wilayah /daerah (*areal rainfall*) adalah dengan menggunakan Metode Rerata Aljabar dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1987: 27):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2-4)$$

dengan :

\bar{R} = *areal rainfall* / curah hujan daerah (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = *point rainfall* / besarnya curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

n = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

Untuk mendapatkan curah hujan efektif, digunakan metode *Basic Year*, dimana menentukan suatu tahun tertentu sebagai tahun dasar perencanaan. Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_x = \frac{n}{\left(\frac{100}{100 - X}\right)} + 1 \quad (2-5)$$

Dimana :

R_x = curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)

n = periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

X = tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

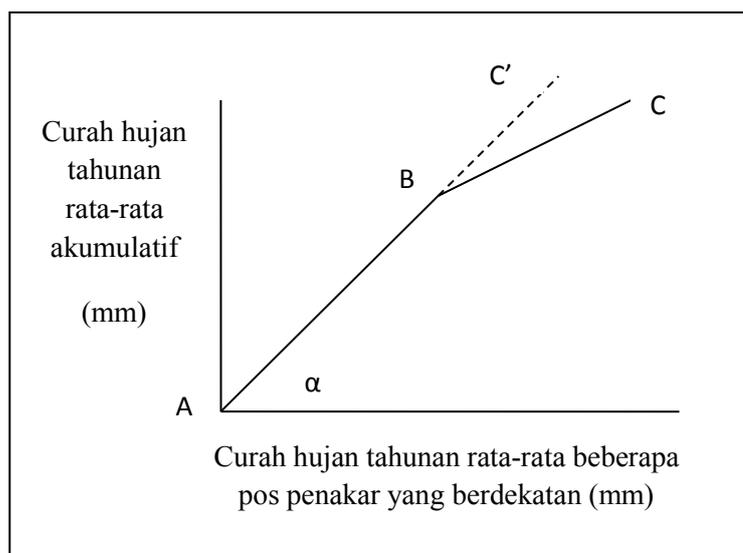
Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
2. Dengan persamaan (2-5) diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
3. Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

2.4.2. Uji Konsistensi

Jika data hujan tidak konsisten yang diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat dimana penakar hujan dipasang, misalnya: terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung yang tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatannya, pemindahan letak penakar dan sebagainya dapat mengakibatkan penyimpangan data hujan yang diukur.

Hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Analisis Kurva Massa Ganda

Kalau tidak terdapat perubahan lingkungan, maka akan didapatkan garis ABC, tetapi karena pada suatu tahun terjadi perubahan lingkungan maka akan didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba-tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tiba-tiba dalam pengamatan. Jadi perubahan tersebut bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis (Soemarto, 1986: 38).

2.4.3. Kebutuhan Air untuk Padi

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

1. Penyiapan lahan.
2. Penggunaan konsumtif.
3. Perkolasi dan Rembesan.
4. Pergantian lapisan air.
5. Curah hujan efektif.

2.4.3.1. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan dan jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk daerah-daerah proyek baru, diambil jangka waktu 1,5 bulan untuk menyelesaikan masa pengolahan tanah. Bila menggunakan peralatan mesin secara luas, maka waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah adalah satu bulan.

Kebutuhan air yang diperlukan untuk pengolahan tanah bertekstur berat eadalah 200 mm, setelah selesai lapisan genangan air sawah ditambah 50 mm. Hal ini dilakukan sebagai cadangan air yang dipakai akibat kehilangan air karena perkolasi dan evaporasi. Jadi kebutuhan air yang diperlukan untuk pengolahan tanah dan lapisan air awal seluruhnya menjadi 250 mm. Air yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah setelah dibiarkan bera atau kering lebih dari 2,5 bulan adalah 300 mm.

Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk penyelidikan lahan bisa diambil lebih tinggi. Namun, laju perkolasi yang tinggi pada tanah-tanah ringan dapat dikurangi dengan pengolahan tanah yang dilakukan dalam beberapa tahun.

Metode yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi selama pengolahan tanah diterapkan dalam KP-01 dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968) adalah sebagai berikut:

$$IR = M \frac{e^k}{(e^k - 1)} \quad (2-6)$$

Dengan:

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat sawah,

M = Kebutuhan air untuk mengganti atau mengkompensasi kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan,

M = $E_o + P$ (mm/hari),

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil dari 1,1 ETo selama penyiapan lahan (mm/hari),

P = Perkolasi (mm/hari),

$k = \frac{M \times T}{S}$,

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari),

S = Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah lapisan air 50 mm, sehingga besarnya menjadi : $200 + 50 = 250$ mm

Tabel 2.1. Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan (IR)

M $E_o + P$ 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	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986,164

2.4.3.2. Evapotranspirasi Tanaman

Evapotranspirasi adalah air dalam tanah yang naik ke udara melalui tumbuhan. Transpirasi dan evaporasi dari permukaan bersama-sama disebut evapotranspirasi atau kebutuhan air (*consumptive-use*) (Sosrodarsono, S. 1987). Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus-rumus teoritis-empiris dengan mempertimbangkan faktor meteorologi seperti sinar matahari (atau radiasi), angin, kelembaban relatif dan suhu (temperatur). Evapotranspirasi tanaman merupakan kebutuhan air tanaman yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, yang merupakan hasil kali dengan koefisien tanaman:

$$ET_c = k_c \times E_t_o \quad (2-7)$$

Dengan :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari),

k_c = Koefisien tanaman yang tergantung dari jenis tanaman dan periode pertumbuhan tanaman,

E_t_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

Kegiatan mengatur jenis, varietas dan umur tanaman disebut sebagai pengaturan pola tanam. Dengan demikian usaha mengatur pola tata tanam dimaksudkan untuk mengatur besar koefisien tanaman agar mendapatkan besar ET_o sehingga sesuai dengan ketersediaan air irigasi.

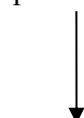
KEBUTUHAN AIR TANAMAN (ET)

Faktor Iklim:

- Suhu Udara
- Kelembaban Udara
- Kecepatan Angin
- Kecerahan Matahari



Didapat dengan rumus



Didapat ET_o

Faktor Tanaman:

- Jenis Tanaman
- Varietas Tanaman
- Umur Tanaman



Didapat dengan pola tanam tertentu



k didapat

→ Kebutuhan Air
Tanaman ←

Gambar 2.2. Diagram Alur Kebutuhan Air Tanaman

Besarnya evapotranspirasi tanaman tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Nilai ET_o dari rumus *Penmann* menunjuk pada tanaman acuan apabila digunakan albedo (koefisien pemantulan) 0,25 (rerumputan pendek). Koefisien yang digunakan dalam perhitungan ET_c harus didasarkan pada ET_o dengan albedo 0,25.

Besarnya evapotranspirasi tanaman acuan dihitung berdasarkan data klimatologi yang ada dengan menggunakan rumus *Pennman* Modifikasi sebagai berikut:

$$ET_o = c [W. R_s - R_{n1} + (1-W). f(u). (e_a - e_d)] \quad (2-8)$$

Dengan :

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hr),

c = Angka koreksi *Pennman* (tabel *Pennman*),

e_a = Tekanan uap jenuh pada suhu udara rata-rata ° C (mbar) (tabel *Pennman*),

e_d = Tekanan uap aktual rata-rata di udara (mbar),

R_s = Radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekivalen (mm/hari), =
(0,25 + 0,54 n/N). R_a

R_a = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (angka angot).
Besarnya angka angot berhubungan letak lintang daerah,

R_{n1} = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari),
= $f(t).f(ed).f(n/N)$

$f(t)$ = fungsi suhu ,

$f(ed)$ = Fungsi tekanan uap : $0.34 - 0.44 (ed)^{1/2}$,

$f(n/N)$ = Fungsi kecerahan matahari : $0.1 + 0.9 n/N$,

$f(u)$ = Merupakan fungsi kecepatan angin dengan ketinggian 2 m dalam satuan
m/det,
= $0.27 (1 + 0.864. U)$

W = Faktor pemberat untuk pengaruh radiasi (Tabel *Penman*),

$(e_a - e_d)$ = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap sebenarnya,

e_d = $e_a.RH$,

RH = Kelembaban udara relatif (%)

Sedangkan harga koreksi *Pennman* (C), besarnya memperhatikan kondisi iklim siang dan malam. Untuk besarnya koefisien tanaman dengan metode *Nedeco/Prosida* dan metode FAO dapat dilihat pada berikut ini:

Tabel 2.2. Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan	<i>Nedesco/Prosida</i>		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3	1,24	0,00	1,05	0,00
3,5	1,12		0,95	
4	0,00		0,00	

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986,167

2.4.3.3. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang terletak diantara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh) (Soemarto, 1987:80). Faktor-faktor yang mempengaruhi perkolasi adalah tekstur tanah, permeabilitas tanah, tebal lapisan tanah bagian atas dan letak permukaan tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengelolaan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 – 3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Harga perkolasi dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.3. Laju Perkolasi Untuk Berbagai Tekstur Tanah

Jenis Tanah	Perkolasi (mm/hr)
Tanah Porus (<i>Sandy Loam</i>)	3 – 6
Tanah Lempung Sedang (<i>Loam</i>)	2 – 3
Tanah Lempung (<i>Clay</i>)	1 – 2

Sumber: Fukuda dan Hikaru Tsutsui, Rice Irrigation In Japan, 1973:22 dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986

2.4.3.4. Pergantian Lapisan Air atau *Water Layer Requirement* (WLR)

Pergantian lapisan air erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Beberapa saat setelah penanaman, air yang digenangkan di permukaan sawah akan kotor dan mengandung zat-zat yang tidak lagi diperlukan tanaman, bahkan akan merusak. Air

genangan ini perlu dibuang agar tidak merusak tanaman di lahan. Pergantian lapisan air dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air yang terputus akibat kegiatan di sawah dengan ketentuan sebagai berikut (KP-01, 1986:165):

- a. WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan, yaitu 1-2 bulan dari *transplanting*.
- b. WLR = 50 mm (diperlukan penggantian lapisan air, diasumsikan 50 mm).
- c. Jangka waktu WLR = 1 bulan (selama 1 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm).

2.4.3.5. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan total yang digunakan oleh tanaman selama masa pertumbuhan. Besarnya curah hujan efektif dipengaruhi oleh cara pemberian air irigasi, laju pengurangan air genangan, kedalaman lapisan air yang dipertahankan, jenis tanaman dan tingkat ketahanan tanaman terhadap kekurangan air. Analisa curah hujan efektif didasarkan pada data curah hujan harian sepanjang pengamatan.

- a. Curah hujan dalam 80% tahun kering, yaitu curah hujan dengan resiko kegagalan sekali dalam periode 5 tahun
- b. Curah hujan efektif ditentukan sebesar 70% dari curah hujan dalam tahun 80% kering. Sehingga curah hujan efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_{eff} = R_{80} \times 0,7 \quad (2-9)$$

Dengan:

R_{eff} = Curah Hujan efektif (mm)

R_{80} = Curah Hujan dalam 80% (mm)

Sedangkan untuk tanaman palawija, nilai curah hujan efektifnya sebagai berikut:

$$R_{eff} = R_{80} \times 0,5 \quad (2-10)$$

Dengan:

R_{eff} = Curah Hujan efektif (mm)

R_{80} = Curah Hujan dalam 80% (mm)

Sedangkan untuk tanaman tebu, nilai curah hujan efektifnya sebagai berikut (Hartono, Ahyat, 2012)

$$R_{eff} = R_{80} \times 0,6 \quad (2-11)$$

Dengan:

R_{eff} = Curah Hujan efektif (mm)

R_{80} = Curah Hujan dalam 80% (mm)

Di daerah-daerah proyek besar dimana tersedia data-data curah hujan harian, harus dipertimbangkan untuk diadakan studi simulasi untuk menghasilkan kriteria lebih terinci.

2.4.4. Kebutuhan Air untuk Palawija

Kebutuhan air untuk palawija per hektarnya lebih sedikit dibandingkan dengan padi, perbedaan ini disebabkan karena kebutuhan tersebut hanya untuk memenuhi kebutuhan konsumtif palawija. Perhitungan konsumtif untuk palawija sama dengan perhitungan untuk tanaman padi, perbedaannya hanya pada besar angka koefisien tanaman. Untuk harga koefisien tanaman palawija dapat dilihat pada berikut ini:

Tabel 2.4. Harga-Harga Koefisien Tanaman Palawija dan Tebu

Palawija		Tebu	
Bulan	FAO	Umur (Bulan)	k
0,5	0,50	0-1	0,6
1,0	0,75	1-2	0,8
1,5	1,0	2-2,5	0,9
2,0	1,0	2,5-4	1
2,5	0,82	4-10	1,05
3,0	0,45	10-11	0,8
		11-12	0,6

Sumber: Dirjen Pengairan, Bina Marga PSDA 010, 1985 *dalam* Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986

2.5. Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dilakukan dengan metode tahun dasar (*Basic Year*), yaitu mengambil satu pola debit dari tahun tertentu. Peluang kejadiannya dihitung dengan persamaan Weibull (Subarkah, 1980: 111):

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

dengan :

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data debit

n = banyaknya data debit

Prosedur perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung total debit dalam satu tahun untuk tiap tahun data yang diketahui.
2. Merangking data mulai dari yang besar hingga kecil.
3. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan menggunakan persamaan Weibull (2-10) diatas.

2.6. Neraca Air

Untuk mengetahui kebutuhan air irigasi untuk tanaman dan debit andalan yang tersedia di intake maka dibuat neraca air untuk suatu daerah irigasi. Sehingga kekurangan dan kelebihan air dapat dipantau dan dievaluasi pada perencanaan selanjutnya.

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan yang dihasilkannya untuk pola tata tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas tanah yang bisa diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (command area) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit, maka ada 3 pilihan yang bisa dipertimbangkan (Anonim/KP-01, 1986 : 108) :

- ✓ Luas daerah irigasi dikurangi.
- ✓ Melakukan modifikasi dalam pola tata tanam.
- ✓ Rotasi teknis atau golongan.

2.7. Kehilangan Air Irigasi

Sebelum sampai di petak sawah, air harus dialirkan melalui saluran-saluran induk, sekunder dan tersier. Di dalam sistem saluran terjadi kehilangan-kehilangan debit yang disebabkan rembesan, perkolasi dan kurang telitian didalam eksploitasi. Kehilangan air irigasi dinamakan efisiensi irigasi yang besarnya adalah perbandingan jumlah air yang nyata bermanfaat bagi tanaman ditambah perkolasi lahan dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Efisiensi dinyatakan dalam prosentase. Kehilangan yang ditentukan oleh pelaksanaan eksploitasi ada tiga tingkatan yaitu:

1. Kehilangan air di tingkat tersier, melalui kehilangan air di sawah, di saluran kuartier dan tersier.
2. Kehilangan air di tingkat primer, melalui kehilangan air di saluran primer.
3. Kehilangan air di tingkat sekunder, melalui kehilangan air di saluran sekunder.

Faktor yang mempengaruhi kehilangan air adalah:

1. Kehilangan air di tingkat tersier dan sawah
 - a. Kebocoran pematang
 - b. Kehilangan karena pemakaian
 - Kerja sama tingkat pemakai air
 - Tingkat pengawasan pemakai air
 - c. Pemberian air yang tidak dilaksanakan
 - d. Tidak sempurnanya bangunan pelimpah dan pintu
 - e. Rembesan pada saluran tersier dan kuarter
 - Tekstur tanah
 - Permeabilitas tanah
 - Umur saluran
 - Kepadatan tanggul
 - f. Kebocoran pada saluran tersier dan kuarter
 - Tingkat pemeliharaan saluran
 - Penyadap-penyadap liar
2. Kehilangan air di tingkat saluran primer dan sekunder terdiri dari
 - a. Rembesan
 - b. Penyadap liar
 - c. Kebocoran
 - d. Pengaruh pemeliharaan saluran, pintu dan tanggul

Disamping itu, kehilangan air juga dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Panjang saluran

Makin panjang saluran, kemungkinan kehilangan air semakin besar.
2. Keliling basah saluran

Makin besar keliling basah saluran, makin besar kehilangan air
3. Lapisan saluran

Saluran yang tidak *dilining* lapisan pengerasan akan terjadi genangan air. Ini disebabkan karena rembesan dan perkolasi.
4. Kedudukan air tanah

Makin tinggi kedudukan air tanah, makin kecil pula faktor perembesannya.
5. Luas permukaan air pada saluran

Makin luas permukaan yang terjadinya penguapan akan semakin besar.

Pada umumnya kehilangan air pada jaringan irigasi dapat dibagi-dibagi sebagai berikut (KP-03 Kriteria Perencanaan Saluran, 1986:9):

- 12,5 – 20% di petak tersier antara bangunan sadap dan tersier sawah
- 5 – 10% di saluran sekunder
- 5 – 10% di saluran utama

Pengoperasian pengaliran air melalui suatu jaringan irigasi dibagi atas 3 (tiga) macam yaitu pada jaringan utama, jaringan tersier, dan pada tingkat usaha tani. Efisiensi dari penggunaan air selain pada masing-masing operasi tersebut. Juga efisiensi gabungan antara jaringan tersier ditingkat usaha tani atau lahan dan efisiensi daerah irigasi atau saluran jaringan.

2.7.1. Pemberian Air tanpa Memperhitungkan Faktor Jarak

Pemberian air tanpa memperhitungkan kehilangan air di saluran dilakukan dengan cara mengasumsikan kehilangan air di saluran, dalam prosentase yang sama besar untuk setiap jenis saluran.

Efisiensi kehilangan air pada saluran primer, sekunder dan tersier berbeda-beda pada daerah irigasi. Besarnya kehilangan air di tingkat saluran primer 90%, sekunder 90% dan tersier 80%. Sehingga efisiensi irigasi total = $90\% \times 90\% \times 80\% = 65\%$.

Tabel 2.5. Besaran Efisiensi Saluran

Efisiensi Irigasi	
Jaringan Tersier	80%
Jaringan sekunder	90%
Jaringan Primer	90%
Total	65%

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986

2.7.2. Pemberian Air dengan Memperhitungkan Faktor Jarak

Pada saat air irigasi dialirkan dari sumber air menuju petak-petak sawah, ada sebagian air yang hilang dalam perjalanan. Kehilangan air di dalam jaringan terdiri dari:

- a. kehilangan air di saluran (*conveyance losses*)
- b. kehilangan air karena operasi (*operation losses*)

2.7.3. Kehilangan Air di Saluran

Kehilangan air di saluran disebabkan oleh faktor utama, yaitu adanya evaporasi dan rembesan di saluran tersebut. (Gurcharan, 1980 : 558)

2.7.3.1. Dimensi Saluran

Guna menghitung kehilangan air karena rembesan dan evaporasi, diperlukan data penampang basah saluran dan lebar permukaan air.

Penampang basah dan lebar permukaan air digunakan persamaan dari penggabungan rumus manning (Raju, 1986 : 45) :

$$Q = \quad (2-13)$$

Dengan:

Q = debit (m^3/dt)

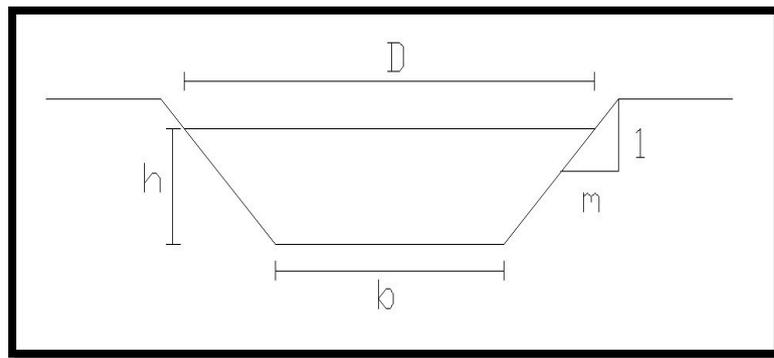
n = koefisien kekasaran manning

A = luas penampang (m^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar saluran

Jika penampang melintang dari sebuah saluran adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3. Penampang Saluran

Maka:

$$A = (b + mh)h \quad (2-14)$$

$$P = b + 2x \quad (2-15)$$

$$R = \quad (2-16)$$

Dengan:

b = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman air (m)

m = perbandingan horisontal dari kemiringan sisi saluran dengan nilai sisi vertikal sama dengan satu.

2.7.3.2. Kehilangan Air Akibat Evaporasi

Kehilangan air di saluran akibat evaporasi ditentukan oleh kondisi klimatologi daerah setempat dan luas permukaan air, yang dapat ditulis dalam persamaan berikut (Mualifa,2013):

$$Q_e = k \times E_{to} \times D \quad (2-17)$$

Dengan:

Q_e = Debit yang hilang akibat evaporasi ($m^3/dt/m$)

E_{to} = evaporasi air bebas (mm/hari)

D = Lebar permukaan (m)

K = Faktor konversi satuan ($=1,157 \times 10^{-8}$)

2.7.3.3. Kehilangan Air Akibat Rembesan

Kehilangan air di saluran akibat rembesan ditentukan oleh jenis tanah dan bahan pasangan dari saluran tersebut. Banyak bahan yang dapat dipakai untuk pasangan saluran, tetapi bahan yang dianjurkan pemakaiannya di Indonesia hanya ada tiga, yaitu pasangan batu, beton dan tanah.

Mengingat belum adanya data kehilangan air akibat rembesan pada berbagai jenis saluran, maka dianggap bahwa rembesan mengikuti ketentuan Garg (1981 : 82) dengan besarnya rembesan pada berbagai jenis saluran disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.6. Harga Rembesan Pada Berbagai Jenis Saluran (M^3/Dt Per 1.000.000 M^2 Penampang Basah)

Jenis bahan pembentuk saluran	Rembesan
- Tanah pasir	5,50
- Tanah sedimen	2,50
- Tanah lempung	1,60
- Pasangan batu	0,90
- campuran semen, kapur pasir, batu-bata	0,40
- Adukan semen	0,17
- Campuran semen, pasir, batu	0,13

Sumber : Garg, 1981

Kehilangan air karena rembesan dapat ditulis dalam persamaan berikut (Mualifa, 2013):

$$Q_s = k \times p \quad (2-18)$$

Dengan:

Q_s = kehilangan air karena rembesan ($m^3/dt/m$)

K = koefisien dari ketentuan Garg yang ditentukan oleh bahan pembentuk saluran

P = Lebar penampang basah saluran (m)

2.7.3.4. Kehilangan Air Karena Operasi

Kehilangan air karena operasi adalah kehilangan air akibat kesalahan dalam pengoperasian bangunan irigasi yang terutama disebabkan oleh jenis bangunan dan kecermatan pengelola lapangan. Dalam hal petugas lapangan dianggap telah memiliki keterampilan, sehingga kesalahan pengoperasian karena pengelola lapangan diasumsikan sama dengan nol. Sehingga kehilangan air karena operasi diperkirakan dari jenis bangunan.

Kehilangan air karena pengoperasian bangunan pembagi yang diakibatkan oleh jenis bangunan pengukur disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.7. Prosentase Kesalahan Dalam Tabel Debit Pada Bangunan Pengukur Debit

Bangunan pengukur debit	Kesalahan Tabel Debit (%)
- Ambang lebar	2
- Cipoletti	5
- Parshall	3
- Romijn	3
- Crump de Gruyter	3
- Orifis tinggi energi tetap	7

Sumber: Anonim, 1986 : IV-4

2.7.4. Pemberian Air Dengan Memperhitungkan Kehilangan Air Pada Saluran Berdasarkan Panjang Saluran

Kehilangan air di saluran pada perhitungan kebutuhan air pada umumnya dinyatakan dalam efisiensi yang dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Sujarwadi, 1990 : 88) :

$$E = \frac{Q_{dbk} - Q_{ksx}}{Q_{dbk}} 100\% \quad (2-20)$$

Dengan:

E = efisiensi (%)

Q_{dbkn} = debit yang diberikan (m^3/dt)

Q_{ks} = debit yang hilang (m^3/dt)

Jika debit yang diberikan adalah debit pada pintu bangunan bagi sadap, maka kebutuhan air di sawah dapat dihitung sebagai berikut (Mualifa, 2013) :

$$IR = (NFR \times A) + Q_{ks} \quad (2-21)$$

Dengan:

IR = kebutuhan air irigasi di pintu (m^3/dt)

NFR = debit air yang dibutuhkan tanaman (m^3/dt)

Q_{ks} = kehilangan air pada saluran sekunder (m^3/dt)

A = Luas area irigasi (ha)

2.8. Sistem Pemberian air

Sistem pemberian air yang akan diterapkan pada suatu lahan pertanian merupakan masalah pokok sebelum jaringan tersier direncanakan (anonim/ KP 05, 1986:24). Pemilihan sistem pemberian air dan jenis tanaman bertujuan agar kebutuhan air di jaringan irigasi selama masa irigasi sesuai dengan air yang tersedia.

Tujuan pengaturan pemberian air adalah :

- 1) Untuk memberikan air dalam jumlah yang tepat, misalnya pada besarnya frekuensi dan lamanya pengaliran yang tertentu.
- 2) Untuk memberikan air secara adil dan pada tempat yang sesuai, misalnya harus sampai ke petak paling ujung.
- 3) Untuk memberikan air dalam jangka waktu tertentu.

Pada musim penghujan dimana ketersediaan air cukup untuk kebutuhan irigasi, maka pembagian airnya dilakukan secara terus-menerus. Sedangkan pada musim kemarau dimana kemungkinan terjadi kekurangan air karena persediaan air yang sangat terbatas, maka pemberian air dilakukan secara bergiliran.

2.8.1. Sistem Pemberian Air Secara Terus-Menerus

Air diberikan secara terus-menerus dari saluran ke petakan sawah atau dari petakan sawah yang satu ke petakan sawah yang lain. Sistem pembagian air secara terus-menerus memerlukan pembagian air yang proporsional, sehingga besarnya bukaan pada boks harus proporsional atau sebanding dengan daerah irigasi sebelah hilir. Pemberian air irigasi ke petak-petak kuarter di petak tersier berlangsung secara terus menerus. Pemberian air ini dialirkan ke tiap blok sawah di petak kuarter. Pada waktu

debit kecil, efisiensi penggunaan air sangat rendah akibat kehilangan air yang relatif tinggi.

2.8.2. Sistem Pemberian Air Secara Giliran

Sistem Giliran adalah cara pemberian air disalurkan tersier atau saluran utama dengan interval waktu tertentu bila debit yang tersedia kurang dari faktor K. Faktor K adalah perbandingan antara debit tersedia di bendung dengan debit yang dibutuhkan pada periode pembagian dan pemberian air 2 mingguan (awal bulan dan tengah bulan).

Jika persediaan air cukup maka faktor $K = 1$ sedangkan pada persediaan air kurang maka faktor $K < 1$. Rumus untuk menghitung faktor K (Kunaifi, A.A. 2010:15):

$$K = \frac{\text{Debit yang tersedia}}{\text{Debit yang dibutuhkan}} \quad (2-22)$$

Tabel 2. 8 Kriteria Pemberian Air dengan Faktor K

1	Faktor K = 0,75 – 1,00	Terus menerus
2	Faktor K = 0,50 – 0,75	Giliran di saluran tersier
3	Faktor K = 0,25 – 0,50	Giliran di saluran sekunder
4	Faktor K < 0,25	Giliran di saluran primer

Sumber : Kunaifi, 2010.

Sistem pemberian air secara rotasi dipakai di jaringan irigasi selama debit rendah untuk mengatasi kehilangan air yang relatif tinggi. Sistem rotasi diterapkan jika debit yang tersedia dibawah 60 – 80% dari debit rencana. Bila debit tersedia lebih dari itu maka dipakai sistem pengaliran terus-menerus (Anonim/ KP 05, 1986:24). Idealnya periode giliran adalah dua sampai tiga hari dan tidak lebih dari satu minggu karena akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Agar eksploitasi menjadi lebih muda maka giliran dilakukan pada tingkat terendah (giliran kuartar) dengan ketentuan air yang diberikan tidak boleh kurang dari 15 lt/detik, atau tingkat lebih atas atau tersier. Pemberian air dapat dilakukan dengan tanpa memperhitungkan faktor jarak dan dengan memperhitungkan faktor jarak.

Kriteria sistem pembagian air irigasi berdasarkan jumlah petak tersier yang ada di daerah irigasi adalah sebagai berikut :

Untuk petak tersier yang terbagi menjadi 4 blok (blok A, B, C dan D). Pemberian air dibedakan menjadi 4 keadaan yaitu :

- 1) Jika debit tersedia > 80% debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus-menerus
- 2) Rotasi I

Jika debit tersedia 60 – 80%. Pemberian air dengan satu blok tidak diairi, tiga blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B, C dan D terbagi menjadi 4 periode dalam waktu 14 hari (336 jam).

a. Periode I : A, B dan C diairi, sedangkan D tidak diairi

Lama pemberian air = X jam

b. Periode II : B, C dan D diairi, sedangkan A tidak diairi

Lama pemberian air = X jam

c. Periode III : A, C dan D diairi, sedangkan B tidak diairi

Lama pemberian air = X jam

d. Periode IV : A, B dan D diairi, sedangkan C tidak diairi

Lama pemberian air = X jam

3) Rotasi II

Jika debit tersedia 40 – 60% debit maksimum maka pemberian air dengan dua blok tidak diairi, dua blok diairi. Pembagian air terbagi menjadi 2 periode dalam waktu 7 hari (168 jam).

a. Periode I : A dan C diairi, sedangkan B dan D tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

b. Periode II : B dan D diairi, sedangkan A dan C tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

4) Rotasi III

Jika debit tersedia < 40 debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok diairi, tiga blok tidak diairi. Pembagian air terbagi menjadi 4 periode dalam waktu 7 hari (168 jam).

a. Periode I : A diairi, sedangkan B, C dan D tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

b. Periode II : B diairi, sedangkan A, C dan D tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

c. Periode III : A diairi, sedangkan B, C dan D tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

d. Periode III : A diairi, sedangkan B, C dan D tidak diairi

Lama pemberian air = X 168 jam

Untuk petak tersier yang menjadi tiga blok (Blok A, B dan C). Pemberian air dibedakan menjadi tiga keadaan yaitu :

1. Jika debit tersedia $> 80\%$ debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus menerus.
2. Rotasi I

Jika debit tersedia $50-80\%$ debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok tidak diairi, dua blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B dan C terbagi menjadi 3 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam.

 - a. Periode I : A dan B diairi, sedangkan C tidak diairi
Lama pemberian air =
 - b. Periode II : A dan C diairi, sedangkan B tidak diairi
Lama pemberian air =
 - c. Periode II : B dan C diairi, sedangkan A tidak diairi
Lama pemberian air =
3. Rotasi II

Jika debit tersedia $< 50\%$ debit maksimum maka pemberian air dengan dua blok tidak diairi, satu blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B dan C terbagi menjadi 3 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam

 - a. Periode I : A diairi, sedangkan B dan C tidak diairi
Lama pemberian air =
 - b. Periode II : B diairi, sedangkan A dan C tidak diairi
Lama pemberian air =
 - c. Periode II : C diairi, sedangkan A dan B tidak diairi
Lama pemberian air =

Untuk petak tersier yang terbagi menjadi dua blok (Blok A dan B). Pemberian air dibedakan menjadi 2 keadaan yaitu :

 1. Jika debit tersedia $> 60\%$ debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus menerus.
 2. Jika debit tersedia $< 60\%$ debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok tidak diairi dan satu blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B terbagi menjadi 2 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam
 - a. Periode I : A diairi, sedangkan B tidak diairi
Lama pemberian air =
 - b. Periode II : B diairi, sedangkan A dan C tidak diairi
Lama pemberian air =

2.9. Indeks Penggunaa Air (IPA)

Pehitungan Indeks penggunaan air dibagi 2 cara, yaitu :

1. Perbandingan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air yang ada.

(2-23)

Nilai IPA suatu daerah irigasi dikatakan baik jika air yang dibutuhkan masih lebih sedikit dari pada potensinya sehingga masih menghasilkan air untuk bagian hilirnya, sebaliknya dikatakan jelek jika jumlah air yang digunakan lebih besar dari potensinya sehingga volume air yang dihasilkan untuk hilirnya sedikit atau tidak ada. Indikator IPA dalam pengelolaan air sangat penting kaitannya dengan mitigasi bencana kekeringan di jaringan. Klasifikasi Indeks Penggunaan Air (IPA) disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.9. Klasifikasi Nilai Indeks Penggunaan Air (IPA)

No.	Nilai IPA	Kelas	Skor
1.	0,5	Baik	1
2.	0,6 - 1,0	Sedang	3
3.	1,0	Jelek	5

Sumber: Anonim, Peraturan No. P.04/V-SET/2009 Tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Aliran Sungai, Kementerian Kehutanan