

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air Irigasi

Kondisi keseimbangan pada lahan irigasi adalah ketersediaan dan kebutuhan air irigasi. Ketersediaan air pada lahan irigasi merupakan hujan efektif sedangkan kebutuhan air irigasi adalah kebutuhan air untuk menggantikan air yang hilang akibat pengolahan lahan, evapotranspirasi, perkolasi, dan genangan pada lahan irigasi. Neraca air yang merupakan perbandingan antara kebutuhan air dengan air yang tersedia dianggap telah melampaui titik kritis atau dianggap terancam mengalami defisit air (Hidayat, El Akbar, & Kosnayani, 2019).

2.1.1 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merujuk pada jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi beberapa aspek, termasuk kebutuhan evaporasi, kehilangan air, dan kebutuhan air untuk tanaman. Aspek ini diperhitungkan dengan mempertimbangkan pemberian air dari alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Mori, 2003). Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan memiliki peran krusial dalam tahapan perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Khususnya untuk lahan sawah, kebutuhan air pada tanaman padi ditentukan oleh faktor-faktor seperti persiapan lahan, penggunaan air secara konsumtif, perkolasi dan rembesan air, pergantian lapisan air, dan curah hujan efektif. Kebutuhan air irigasi merupakan komponen penting dalam suatu neraca air irigasi yang nantinya dapat dievaluasi tingkat penggunaannya

Perhitungan kebutuhan air irigasi pada tanaman padi merujuk pada Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01), yang bersumber dari ketetapan Pekerjaan Umum tahun 2013 (Pekerjaan Umum, 2013). Penentuan jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan irigasi didasarkan pada berbagai faktor seperti persiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, serta curah hujan efektif. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan air selama persiapan lahan

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1} \quad (2.1)$$

dengan:

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

- Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi

$$NFR = ETc + P + WLR - Re \quad (2.2)$$

dengan:

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

ETc : evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P : perkolasi (mm/hari)

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

- Kebutuhan air bersih di sawah untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad (2.3)$$

- Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (*intake*)

$$DR = \frac{NFR A}{8,64EI} \quad (2.4)$$

dengan:

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

A : luas lahan (ha)

EI : efisiensi irigasi

1. Curah Hujan Kawasan

Hujan merupakan faktor yang sangat penting didalam analisis maupun desain hidrologi. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan rerata wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Analisis curah hujan merupakan suatu proses yang melibatkan pemeriksaan dan evaluasi data curah hujan yang terkumpul di suatu wilayah dengan tujuan

untuk memahami karakteristik hidrologis dari wilayah tersebut. Informasi yang diperoleh melalui analisis curah hujan melibatkan aspek-aspek seperti pola curah hujan, debit aliran air, dan potensi banjir yang terkait dengan kondisi hidrologis suatu wilayah.

Pola umum curah hujan di Indonesia merupakan hasil dari sejumlah faktor yang memengaruhi, terutama letak geografisnya. Indonesia, yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa, mengalami sinar matahari sepanjang tahun. Dampak dari letak geografis ini menciptakan variasi dalam pola curah hujan di seluruh negara. Meskipun jumlah curah hujan tidak seragam di seluruh wilayah Indonesia, namun secara umum, besaran curah hujan di negara ini mencapai angka signifikan, dengan rentang 2000-3000 mm per tahun. Jawa Barat, sebagai salah satu provinsi di Indonesia, Rata-rata curah hujan tahunan di Jawa Barat berkisar antara 2000 hingga 4000 mm, menjadikannya sebagai salah satu daerah dengan curah hujan rata-rata tahunan tertinggi di Indonesia (Hidayat & Empung, 2016).

Curah hujan kawasan merujuk pada jumlah hujan yang terjadi secara keseluruhan di suatu wilayah atau daerah yang sedang dianalisis. Data curah hujan kawasan menjadi kunci dalam memahami pola curah hujan secara umum di suatu wilayah, dan informasi ini dapat diintegrasikan ke dalam model hidrologi untuk memprediksi aliran air dan potensi banjir di wilayah tersebut. Dalam konteks siklus hidrologi, hujan dapat mengalami sejumlah kondisi berbeda, diantaranya ada yang diserap oleh tanaman, mengalir di permukaan tanah, dan menguap (evaporasi). Curah hujan kawasan, atau sering disebut juga sebagai curah hujan wilayah, diperoleh dengan merangkum data dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di wilayah tersebut. Proses pengolahan data curah hujan kawasan melibatkan beberapa metode, antara lain: 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:

- a. Alat ukur hujan dinilai cukup untuk mewakili curah hujan kawasan pada daerah yang memiliki luas ≤ 250 ha dengan variasi topografi yang minimal.
- b. Luas daerah 250 s.d. 50.000 ha dengan dua sampai tiga titik stasiun hujan (titik pengamatan) dapat menggunakan rata-rata aritmatika.
- c. 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.
- d. Daerah yang luasnya lebih dari 500.000 ha menggunakan metode isohyet.
- e. 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:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.5)$$

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. Curah Hujan Efektif

Kebutuhan air irigasi dihitung dengan merujuk pada curah hujan efektif. Curah hujan efektif, juga dikenal sebagai curah hujan andalan, merupakan besaran curah hujan yang langsung dimanfaatkan oleh tanaman selama periode pertumbuhannya. (Hidayat & Empung, 2016).

Dari segi statistik, berdasarkan *Harza Engineering Company*, curah hujan efektif dapat didefinisikan sebagai curah hujan yang mencapai nilai melebihi 80%. Dalam istilah sederhana, dari 10 kejadian curah hujan, curah hujan efektif dianggap terjadi sebanyak delapan kali. Rumus yang digunakan dalam penelitian

ini untuk menghitung curah hujan efektif dengan menggunakan metode Rangking Weibull adalah sebagai berikut:

$$R_{80} = H \times \frac{n}{(n + 1)} \quad (2.6)$$

dengan:

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

H : curah hujan rata-rata tahunan

n : jumlah tahun pengamatan

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

$$R_e = 0,7 R_{80} \quad (2.7)$$

dengan:

R_e : curah hujan efektif untuk padi (mm)

Tanaman palawija memerlukan perhitungan kebutuhan air yang berbeda dengan tanaman padi, mengingat kebutuhan air tanaman palawija tidak sebesar tanaman padi. Dalam konteks ini, besarnya curah hujan efektif untuk palawija dihitung dengan mengambil 50% dari nilai R_{80} . Persamaan untuk curah hujan efektif palawija adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,5 R_{80} \quad (2.8)$$

R_e : curah hujan efektif untuk palawija (mm)

Curah hujan efektif pada tanaman palawija, rata-rata bulanan, memiliki hubungan yang erat dengan nilai evapotranspirasi (ET_o), sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam Standar Kriteria Perencanaan Irigasi 01. Dengan demikian, untuk menghitung curah hujan efektif pada tanaman palawija rata-rata bulanan, dapat dilakukan dengan metode interpolasi berdasarkan nilai curah hujan andalan yang diperoleh dan nilai evapotranspirasi pada periode tersebut. 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 2.1 Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija Rata-rata Bulanan Dikaitkan dengan *ETo* 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
<i>ETo</i>													
25													
50	32	39	46										
75	34	41	48	56	62	69							
100	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
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

3. 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:

$$EI = \frac{\text{Jumlah air yang digunakan}}{\text{Jumlah air yang diberikan}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Tabel 2.2 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

4. Penyiapan Lahan

Menurut Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01, 2013), kebutuhan air untuk penyiapan lahan secara umum merupakan faktor yang menentukan kebutuhan air irigasi maksimum dalam suatu proyek. Terdapat beberapa faktor penting yang memengaruhi besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan, di antaranya 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 satu setengah bulan dijadikan pedoman untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier.

(Van de Goor, G. A. W., & Zijlstra, 1968) dalam bukunya “*Irrigation Requirements for Double Cropping of Lowland Rice*” mengembangkan sebuah rumus untuk menghitung kebutuhan air selama masa penyiapan lahan, yang dikenal sebagai periode presaturation. Perhitungan kebutuhan air pada periode ini berbeda dengan kebutuhan air untuk proses penyiapan lahan (*presaturation water requirement*). Rumus untuk menghitung kebutuhan air selama persiapan lahan disajikan sebagai berikut:

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1} \quad (2.10)$$

$$k = \frac{MT}{S} \quad (2.11)$$

$$M = E_o + P \quad (2.12)$$

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

E_o : evaporasi air terbuka ($1,1ET_o$) 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 2.3 Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

$M = E_0 + P$	T = 30 hari		T = 45 hari	
mm/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, Lampiran II, 2013

5. 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:

- a. Usahakan untuk membuat jadwal dan mengganti lapisan air sesuai dengan kebutuhan.
- b. 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.

6. Perkolasi

Menurut (Soemarto, 1987), perkolasi merujuk pada gerakan air ke arah bawah dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) menuju zona jenuh air (*saturated zone*). Zona tidak jenuh dapat didefinisikan sebagai rentang dari permukaan tanah hingga permukaan muka air tanah, sementara zona jenuh air melibatkan daerah di bawah permukaan muka air tanah. Laju perkolasi maksimal yang dapat terjadi, yang dipengaruhi oleh kondisi dalam zona tidak jenuh, dikenal sebagai 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 secara langsung di lahan sawah setelah padi ditanam di area proyek irigasi. Laju perkolasi normal pada tanah lempung setelah proses penggenangan umumnya berada dalam kisaran 1–3 mm/hari. Pada daerah dengan topografi miring, terutama dengan kemiringan di atas 5%, pergerakan air melalui perkolasi dan rembesan dapat menyebabkan kehilangan air yang signifikan. Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013), setidaknya akan terjadi kehilangan sebesar 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan di daerah-daerah dengan kemiringan di atas 5%.

Tabel 2.4 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

7. Penggunaan Air Konsumtif Tanaman

Penggunaan air konsumtif tanaman merujuk pada sejumlah besar kebutuhan air yang hilang akibat evapotranspirasi selama proses pertumbuhan tanaman. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman adalah:

$$ET_c = kc \times ET_o \quad (2.13)$$

dengan:

ET_c : kebutuhan air tanaman (mm/hari)

kc : 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 yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman:

Tabel 2.5 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nadeco/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 2.6 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

8. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan suatu fenomena yang terjadi sebagai hasil dari dua proses, yaitu evaporasi (penguapan) dari permukaan lahan dan transpirasi dari tanaman. Dalam definisinya, (Triatmodjo, 2017) menjelaskan bahwa evapotranspirasi merujuk pada total penguapan yang terjadi dari suatu lahan, yang mencakup baik penguapan dari permukaan tanah maupun air yang diperlukan oleh tanaman melalui proses transpirasi.

Perhitungan evapotranspirasi dapat dilakukan menggunakan beberapa rumus yang umum digunakan, antara lain: 1) Pan Evaporasi; 2) Penman Modifikasi; 3) Persamaan empiris Thornthwaite; dan 4) Metode Blaney-Criddle. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengacuan pada rumus evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi. Pemilihan metode Penman Modifikasi didasarkan pada pertimbangan bahwa rumus ini menggunakan lebih banyak parameter, sehingga dianggap lebih mampu mendekati kondisi lapangan. Penekanan pada metode Penman Modifikasi sebagai rumus perhitungan evapotranspirasi dipilih karena melibatkan sejumlah parameter yang lebih luas, memberikan landasan yang lebih komprehensif dalam memodelkan evapotranspirasi yang lebih akurat sesuai dengan kondisi lapangan. Berikut ini merupakan tabel perbandingan penggunaan parameter pada rumus-rumus evapotranspirasi.

Tabel 2.7 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:

$$ET_o = c[W.Rn + (1 - W).f(u).(ea - ed)] \quad (2.14)$$

$$ed = ea .RH \quad (2.15)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,44\sqrt{ed} \quad (2.16)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.17)$$

$$f(u) = 0,27 + \left(1 + \frac{U_2}{100}\right) \quad (2.18)$$

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (2.19)$$

$$Rs = (0,25 + 0,54(n/N)) \times Ra \quad (2.20)$$

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:

- a. 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 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.8 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 2.9 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

b. Radiasi ekstraterestrial (R_a)

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

Tabel 2.10 Nilai Radiasi Ekstraterestrial 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

c. Angka koreksi Penman

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

Tabel 2.11 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

2.1.2 Ketersediaan Air Irigasi

Menurut Limantara seperti yang dikutip oleh (Retnowati, 2018), bahwa ketersediaan air irigasi dapat diartikan sebagai besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan irigasi dengan mempertimbangkan risiko kegagalan yang telah dihitung, ketersediaan air irigasi dapat juga disebut debit andalan (*dependable discharge*) juga digunakan untuk merujuk pada kebutuhan air irigasi yang dapat diandalkan.

1. Debit Bangkitan

Pembangkitan data debit bertujuan untuk memprediksi nilai debit di masa yang akan datang. Salah satu metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode Thomas-Fiering, yang melakukan pembangkitan debit berdasarkan data historis, rata-rata, korelasi, dan standar deviasi. Menurut Mediana sebagaimana dikutip oleh (Suprayogi, Rinaldi, & Prasetyo, 2013), model Thomas-Fiering berlaku khusus untuk aliran *perennial*, yaitu aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun atau dengan kata lain sungai yang debitnya tidak pernah nol. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{i+1} = \bar{Q}_{j+1} + b_j (Q_i - \bar{Q}_j) + t_i s_{j+1} \sqrt{1 - r_j^2} \quad (2.21)$$

$$b_j = r_j \frac{s_{j+1}}{s_j} \quad (2.22)$$

$$r_j = \frac{c_1}{c_2} \quad (2.23)$$

$$c_1 = \sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j) (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1}) \quad (2.24)$$

$$c_2 = \sqrt{\sum_i (Q_{ji} - \bar{Q}_j)^2 \sum_i (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1})^2} \quad (2.25)$$

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. Validitas Debit Bangkitan

Validasi data adalah langkah pemeriksaan untuk memastikan bahwa data tersebut telah sesuai kriteria yang ditetapkan dengan tujuan untuk memastikan bahwa data yang akan dimasukkan ke dalam basis data telah diketahui dan dapat dijelaskan sumber dan kebenaran datanya. Dalam memproses data valid menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

a. *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

Metode ini digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara nilai prediksi-simulasi dan nilai observasi, dengan skala nilai dari minus tak terhingga hingga satu. Nilai NSE meningkat seiring dekatnya dengan satu, menunjukkan bahwa data hasil pembangkitan lebih sesuai dengan data yang diamati (Lufi, Ery, & Rispiningtati, 2020). Rumus menghitung NSE sebagaimana berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad (2.26)$$

di mana:

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

N : jumlah data

Tabel 2.12 merupakan tabel kriteria nilai NSE untuk validasi hasil bangkitan data.

Tabel 2.12 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>

b. Koefisien Korelasi

Tujuan analisis ini adalah untuk meningkatkan pemahaman mengenai pola dan tingkat hubungan antara dua atau lebih variabel (Lufi, Ery, & Rispiningtati, 2020). Untuk mengetahui seberapa erat hubungan antar variabel-variabel tersebut, koefisien korelasi (R) digunakan. Koefisien korelasi dihitung dengan rumus berikut:

$$R = \frac{N \sum_{t=1}^N X_t Y_t - \sum_{t=1}^N X_t - \sum_{t=1}^N Y_t}{\sqrt{N \sum_{t=1}^N X_t - (\sum_{t=1}^N X_t)^2} \sqrt{N \sum_{t=1}^N Y_t - (\sum_{t=1}^N Y_t)^2}} \quad (2.27)$$

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 2.13 berikut ini:

Tabel 2.13 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>

c. Uji Konsistensi

Uji konsistensi data dilakukan untuk melihat tingkat kesalahan data (Irawan, et al, 2020). Salah satu metode yang sering digunakan untuk uji

konsistensi dalam analisis hidrologi adalah metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) dan metode kurva massa ganda. Dalam penelitian ini, data debit berasal dari satu pos pengukuran air, yaitu Pos Bendung Cimulu, sehingga metode yang dipilih adalah metode RAPS. (Litsaniyah 2018) dalam tugas akhirnya menyatakan metode RAPS mengkaji konsistensi data dengan melihat kumulatif penyimpangan data 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^*)

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Q_i - \bar{Q}), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.28)$$

dengan:

Sk^* : nilai kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata

- 3) Menghitung nilai D_y

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n}} \quad (2.29)$$

dengan:

D_y : simpangan baku dari data Y

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

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{D_y} \quad (2.30)$$

dengan:

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

- 5) Menghitung nilai statistik Q dan R

$$Q = |Sk^{**}| \text{ maksimum} \quad (2.31)$$

$$R = |Sk^{**}| \text{ maksimum} - |Sk^{**}| \text{ minimum} \quad (2.32)$$

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

Tabel 2.14 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: (Nurdiansyah, 2022)

d. Uji Ketidakadaan *Trend*

Homogenitas data debit merupakan aspek penting dalam analisis hidrologi, karena keberadaan *trend* pada data hujan dapat membuat data debit tidak cocok untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut. 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:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{(n^3 - n)} \quad (2.33)$$

$$r = \frac{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum d_i^2}{2\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (2.34)$$

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 (2.31)
- 2) Apabila terdapat peringkat yang kembar/sama rumus yang digunakan adalah (2.32)

e. 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:

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

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

dengan:

N_1, N_2 : jumlah data kelompok 1 dan 2

S_1, S_2 : simpangan baku kelompok 1 dan 2

- c) Bandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{kritis}
- d) Apabila nilai $F_{hitung} < F_{kritis}$, 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:

- a) Lakukan pembagian kelompok data, sama seperti pada uji-F.
- b) Cari nilai σ dengan menggunakan persamaan:

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

- c) Cari nilai t_{hitung} dengan menggunakan persamaan:

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

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

3. Debit Andalan

Debit andalan, juga dikenal sebagai *dependable discharge* atau aliran yang dapat diandalkan, dihitung dengan maksud menentukan debit rencana yang dapat diharapkan selalu tersedia di sungai. Biasanya, perhitungan debit andalan dilakukan untuk perencanaan air irigasi, dan besaran debit ini berfluktuasi sepanjang waktu sesuai dengan kondisi musim saat itu. Keandalan debit yang dihitung memiliki arti yang bervariasi tergantung pada keperluan yang ingin dicapai dari perhitungan debit andalan.

Terdapat beberapa metode yang diakui untuk menghitung debit andalan sesuai dengan SNI 6738:2015 (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2015) dan KP-01 Irigasi (Direktorat Jendral SDA, 2013) adalah dengan metode Weibull, FJ Mock, dan NRECA. Berikut ini merupakan tabel mengenai penentuan debit andalan berdasarkan kebutuhannya:

Tabel 2.15 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: (Kharistanto, Limantara, & Soetopo 2023)

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

- a. Debit air musim kering, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 355 hari dalam satu tahun (97%)
- b. Debit air musim rendah, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 275 hari dalam satu tahun (75%)
- c. Debit air musim normal, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 185 hari dalam satu tahun (51%)
- d. 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:

$$P = \frac{m}{(n + 1)} \times 100\% \quad (2.35)$$

di mana:

P : probabilitas (%)

m : nomor urut data debit

n : jumlah data pengamatan debit

2.2 Gagal Lahan dengan Model Program Linier

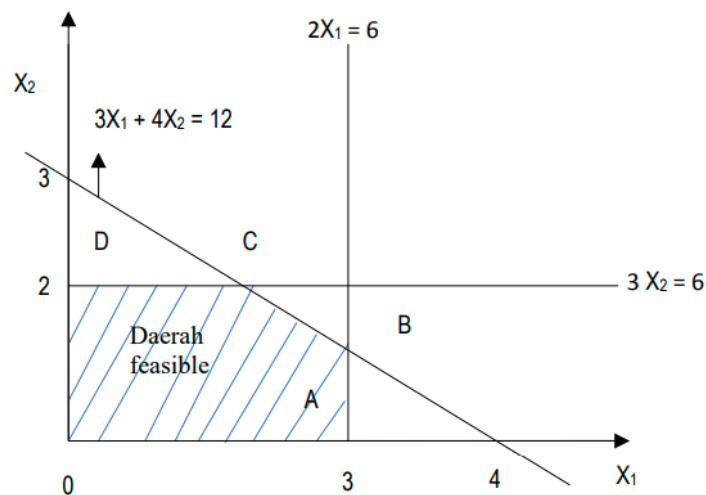
Gagal lahan adalah kondisi dimana luas areal tanaman tidak bisa dipanen karena tanaman tidak sesuai dengan standard yang diharapkan, dapat pula diasumsikan sebagai gagal panen. Hitungan gagal lahan dari gagal panen adalah dengan cara konversi hasil produksi yang diharapkan (kondisi produksi harapan) ke hasil produksi eksisting, misalnya harapan produksi hasil gabah per hektar adalah 4,30 ton/ha/musim tetapi hasil produksi eksisting hanya 4,0 ton/ha/musim maka dapat kita asumsikan ada gagal lahan sebesar $0,30/4,30 \times 1$ ha yaitu sebesar 0,07 ton (Hidayat, 2001).

Pada analisis perhitungan menggunakan model program linier dan model risiko gagal lahan, yang dikatakan sebagai lahan yang gagal ialah lahan yang tidak ditanami. Pada analisis menggunakan kedua model tersebut akan menghasilkan sebuah luas lahan optimum yang dapat ditanami berdasarkan hasil simulasi. Maka rumus dari gagal lahan pada metode simpleks ialah sebagai berikut:

$$\text{Gagal Lahan} = \text{Luas Potensial} - \text{Luas Optimum} \quad (2.36)$$

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 2.1 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 bergantung 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

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

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

.....

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

2.3 Gagal Lahan dengan Model Risiko Gagal Lahan

Luas optimum seperti pada rumus 2.36 adalah z maksimum, sehingga luas gagal lahan adalah luas potensial dikurangi luas optimum hasil dari persamaan program linier. 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 (Hidayat, El Akbar, & Kosnayani, 2019). Pengoptimalan dengan mempertimbangkan Resiko gagal lahan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$DR = \text{Kebutuhan Air} \times \text{Faktor } k_{rata-rata} \tag{2.37}$$

$$R = \frac{\text{Jumlah sukses pemberian air}}{\text{jumlah periode tanam pengamatan}} \tag{2.38}$$

$$WFR = 1 - Re \tag{2.39}$$

$$\% \Phi = \frac{DR - Q\%}{Q\%} \times 100\% \tag{2.40}$$

$$P_{max} = \sum P_{ijT} \cdot X_{ijT} - LFR_{ijT} \tag{2.41}$$

di mana:

DR = kebutuhan air di pintu pengambilan dengan pengaruh faktor k

R = reliabilitas

WFR = risiko gagal pemberian air

- $\% \Phi$ = persentase indeks risiko gagal pemberian air
 P_{max} = keuntungan maksimum dari produksi pertanian (Rp)
 X_{ijT} = variabel keputusan
 LFR_{ijT} = biaya penilaian Resiko kegagalan lahan irigasi (Rp)
 P_{ijT} = keuntungan dari produksi pertanian (Rp/ha)
 i = jenis tanaman
 j = jadwal tanam
 T = musim tanam

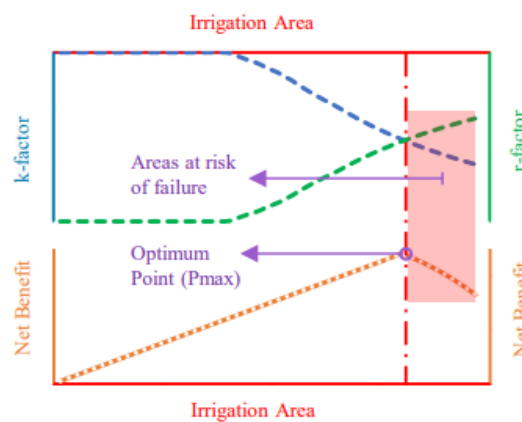
$$LFR_{ijT} = \Phi \cdot WFR \cdot \left(1 - (R)^{\frac{DR}{Q_{80\%}}} \right) \cdot A \cdot P \quad (2.42)$$

$$\Phi = \frac{DR - Q_{80\%}}{Q_{80\%}} \text{ dan } WFR + R = 1 \quad (2.43)$$

di mana:

- Φ (seniali 0-1) = indeks Resiko kegagalan irigasi
 WFR = Resiko kegagalan air
 R = reliabilitas
 P = keuntungan per hektar (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 (Hidayat, et al, 2023). Secara skematis model optimasi yang ingin dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Skema Pemodelan Risiko Gagal Lahan
 Sumber : Hidayat, et al, 2023

2.3.1 Pola dan Jadwal Tanam Optimum

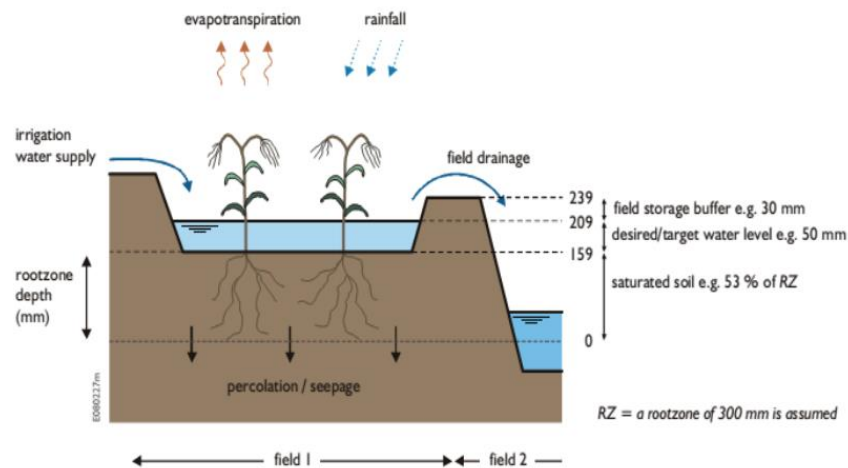
Jadwal tanam dapat di simulasi sebanyak 24 jadwal sesuai dengan periode setengah bulanan. Salah satu jadwal tanam akan menentukan luas daerah irigasi dengan hasil maksimum. Jadwal tanam dan luas daerah irigasi dimaksud dinamakan optimasi daerah irigasi yang berarti kondisi gagal lahannya minimum. Salah satu tujuan yang akan dihasilkan dalam analisis ini adalah menentukan jadwal tanam yang dapat menentukan luas lahan optimum daerah irigasi dan luas gagal lahan minimum. Definisi irigasi adalah penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman. Air tersebut didapatkan dari lima sumber, yaitu (1) presipitasi; (2) air atmosfer selain presipitasi; (3) air banjir; (4) air tanah; dan (5) irigasi (Hansen, *et al*, 1986). Daerah irigasi adalah kesatuan wilayah atau hamparan tanah yang mendapat air dari satu jaringan irigasi.

Alokasi air adalah kekhawatiran di negara berkembang dimana sumber daya air yang terbatas dan permintaan yang lebih besar dengan lebih banyak pihak (Read *et al*, 2014 dalam Marselina, *et al*, 2017). Irigasi permukaan merupakan sistem irigasi yang menyadap air langsung di sungai melalui bangunan bendung maupun melalui bangunan pengambilan bebas (*free intake*) kemudian air irigasi dialirkan secara gravitasi melalui saluran sampai ke lahan pertanian (Wiryawan, *et al*, 2016).

Pola tanam dan jadwal tanam akan menentukan kebutuhan air irigasi. Padi pada musim tanam setelah penanaman palawija akan membutuhkan kebutuhan air untuk pengolahan tanah yang lebih besar daripada padi yang ditanam setelah penanaman padi sebelumnya. Jadwal tanam juga akan mempengaruhi evapotranspirasi tanaman padi. Seperti dikatakan Suciantini, *et al* (2017): Mundurnya awal musim penghujan akan menggeser pola dan rotasi tanaman yang menyebabkan risiko pertanian kedua terkena kekeringan meningkat. Evapotranspirasi tanaman dipengaruhi juga oleh koefisien tanaman (kc). Dikatakan pola dan jadwal tanam optimum ialah berarti pola dan jadwal tanam tersebut akan menghasilkan luas lahan optimum daerah irigasi dan luas gagal lahan minimum. Dengan didapkatannya luas optimum maka petani akan mendapatkan keuntungan yang maksimum pula.

2.3.2 Faktor k

Nilai faktor k dapat disimulasikan dengan simulasi kebutuhan air irigasi karena sesungguhnya nilai faktor k sangat tergantung pada nilai kebutuhan air irigasi sedangkan nilai ketersediaan air lebih bersifat “given”. Faktor k adalah rasio antara ketersediaan air dengan kebutuhan air irigasi pada titik atau daerah yang ditinjau. Berikut penjelasan gambar kesetimbangan air di sawah.



Gambar 2.3 Kesetimbangan Air di Sawah

Sumber : Van der Krogt, 2008 dalam Yekti, 2017

Kebutuhan air irigasi adalah kebutuhan air untuk mengganti air yang keluar dari sistem yaitu: evapotranspirasi tanaman (ET_c), perkolasi (P) dan kebutuhan untuk genangan (WLR). Ketersediaan air adalah air yang masuk dalam sistem yaitu: hujan efektif (Re) dan kebutuhan suplesi irigasi (NFR). Berikut merupakan persamaan faktor k:

$$Faktor\ k = \frac{Debit\ Andalan\ 80\%}{Debit\ Kebutuhan\ Air} \quad (2.44)$$

2.3.3 Faktor r

Faktor k sangat bergantung pada kebutuhan air, sedangkan ketersediaan air bersifat alamiah. Faktor k (bernilai 0-1) merupakan fungsi dari $Q_{80\%}$, IR , dan Re . Sedangkan risiko kegagalan merupakan kebalikan dari faktor k dan dapat dipahami sebagai faktor r. maka rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$Faktor\ r = 1 - faktor\ k \quad (2.45)$$

2.4 Evaluasi Bandingan Luas Gagal Lahan Model Program Linier dan Model Risiko Gagal Lahan

Output model program linier adalah selalu menghasilkan nilai faktor $k = 1$, dan bila di input lebih dari satu jenis tanaman, hasil optimalisasi akan menghasilkan kombinasi beberapa tanaman dalam satu musim tanam. Model risiko gagal lahan akan menghasilkan nilai faktor k sebagai indikator untuk mengetahui tingkat risiko gagal lahan, dengan nilai faktor k tersebut dapat melakukan pencegahan kegagalan dengan melakukan sistem distribusi air. Jenis tanaman pada model risiko gagal lahan dapat diskenario sesuai kebutuhan atau sesuai dengan kondisi lapangan.

2.5 Sistem Pemberian Air Irigasi

Rencana pembagian dan pemberian air irigasi disusun oleh dinas kab/ kota atau provinsi yang membidangi irigasi/ Balai 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 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 yang disebut dengan nama lain yang ditetapkan oleh Menteri (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2017).

Dasar-dasar untuk menentukan tindakan dalam perencanaan irigasi adalah dengan menganalisis faktor k (Aprizal & Yuniar, 2017). Berdasarkan nilai faktor k , didapatkan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Harga faktor $k = 1$
Air yang ada dibangun utama mampu mencukupi seluruh areal sawah setiap waktu dan air dapat dialirkan secara terus menerus.
2. Harga faktor k $0,8 < k < 1$

Dalam keadaan ini dapat dipertahankan aliran air yang terus menerus, namun pemberian air harus disesuaikan sebanding dengan faktor k . Pengurangan sampai dengan 20% atau $k = 0,8$ masih memungkinkan tanaman bertahan hidup, namun debit pada setiap pintu bangunan bagi atau sadap dikurangi sesuai dengan nilai faktor k tersebut.

3. Harga $0,5 < k < 0,8$

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

4. Harga faktor $k < 0,65$

Keadaan ini tanaman akan mengalami kesulitan dalam pertumbuhan. Oleh karena itu tindakan pengoptimalisasian perlu dilakukan. Pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan selama debit ketersediaan air $> 65\%$ debit kebutuhan air yang berarti selama faktor $k > 0,65$ maka pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan.