

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Indonesia dikenal sebagai sebuah negara agraris yang memiliki lahan begitu luas yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai mata pencaharian. Namun sektor agraris atau pertanian di Indonesia tidak hanya dapat digunakan sebagai mata pencaharian penduduk saja, akan tetapi juga dapat digunakan untuk meningkatkan perekonomian, sehingga penyediaan komoditas pertanian akan memengaruhi pertumbuhan ekonomi negara (Kusumaningrum, 2019).

Berbagai cara dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan produksi pertanian yaitu dengan meluaskan areal tanam, dan intensifikasi yaitu usaha peningkatan produksi dengan cara-cara yang intensif pada lahan yang sudah ada, antara lain dengan penggunaan bibit unggul, pemberian pupuk yang tepat serta pemberian air irigasi yang efektif dan efisien (Hasan, 2010). Pemberian air irigasi untuk menunjang kegiatan pertanian sangat diperlukan, sehingga ketersediaan air di lahan akan terpenuhi walaupun lahan tersebut berada jauh dari sumber air permukaan (sungai). Hal tersebut tidak terlepas dari usaha teknik irigasi yaitu memberikan air dengan kondisi tepat mutu, tepat ruang, dan tepat waktu dengan cara yang efektif dan ekonomis (Sudjarwadi, 1990; Ansori et al, 2014).

Kontribusi prasarana dan sarana irigasi terhadap produksi pertanian selama ini cukup besar yaitu sebanyak 84% persen produksi beras nasional bersumber dari daerah irigasi (Hasan, 2005; Nugroho & Pamuji, 2007). Ketersediaan air irigasi berkelanjutan sepanjang tahun merupakan modal dasar yang sangat esensial untuk peningkatan produksi pertanian. Untuk memenuhi ketersediaan air irigasi maka diperlukan kajian jaringan irigasi yang telah ada, dengan memfokuskan bahasan pada aspekimbangan air dan efektifitas saluran irigasi.

2.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan antara proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Evaporasi adalah proses

penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (biotik) akibat proses respirasi dan fotosintesis (Faisal et al, 2018).

Faktor-faktor yang mempengaruhi evaporasi adalah suhu air, suhu udara (atmosfir), kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses transpirasi adalah suhu, kecepatan angin, kelembaban tanah, sinar matahari, gradien tekanan uap, dan juga dipengaruhi oleh faktor karakteristik tanaman dan kerapatan tanaman (Sutedjo & Kartasapoetra, 1994).

Ada 3 faktor yang mendukung kecepatan evapotranspirasi yaitu (1) faktor iklim mikro, mencakup radiasi netto, suhu, kelembaban dan angin, (2) faktor tanaman, mencakup jenis tanaman, derajat penutupnya, struktur tanaman, stadia perkembangan sampai masak, keteraturan dan banyaknya stomata, mekanisme menutup dan membukannya stomata, (3) faktor tanah, mencakup kondisi tanah, aerasitanah, potensial air tanah dan kecepatan air tanah bergerak ke akar tanaman (Linsley et al, 1979; Wirawan et al, 2013).

Secara garis besar evapotranspirasi dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

a. Evapotranspirasi Potensial (ET_p)

Evapotranspirasi potensial adalah laju evapotranspirasi yang terjadi dengan anggapan persediaan air dan kelembapan tanah cukup sepanjang waktu.

b. Evapotranspirasi Rujukan (ET_o)

Evapotranspirasi rujukan adalah laju evapotranspirasi di permukaan bumi yang luas dengan ditumbuhi rumput hijau setinggi 8-15 cm, yang masih aktif tumbuh terhampar menutupi seluruh permukaan bumi tersebut, dengan tidak kekurangan air. Oleh karena itu evapotranspirasi rujukan dapat dianggap sebagai evapotranspirasi potensial untuk tanaman rujukan (tanaman rujukan adalah rumput hijau pendek).

c. Evapotranspirasi Tanaman (ETc)

Evapotranspirasi tanaman adalah tebal air yang dibutuhkan untuk keperluan evapotranspirasi suatu jenis tanaman pertanian tanpa dibatasi oleh kekurangan air. Atau dengan kata lain kebutuhan air yang diperlukan untuk suatu jenis tanaman tertentu.

d. Evapotranspirasi Aktual (ETa)

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi sesungguhnya sesuai dengan keadaan persediaan air/kelembapan tanah yang tersedia. (Soewarno, 2015).

Analisis evapotranspirasi dilakukan dengan menggunakan persamaan Penman. Rumus empiris Penman memperhitungkan data klimatologi yaitu temperatur, radiasi matahari, kelembaban dan kecepatan angin sehingga hasilnya relatif lebih akurat. Perhitungan evaporasi potensial Penman didasarkan pada keadaan bahwa agar terjadi evaporasi diperlukan panas (Soeryamassoeka, 2020; Gampo et al 2021).

Ada beberapa modifikasi yang dilakukan terhadap metode Penman, salah satunya Penman modifikasi FAO yang dikembangkan oleh Doorborens dan Priutts (1975). Tanpa mempertimbangkan kecepatan angin pada malam hari, karena di lokasi studi umumnya sampai saat ini memang belum dipisahkan data kecepatan angin yang tercatat pada siang dan malam hari, maka perkiraan laju evapotranspirasi dapat dihitung dengan persamaan;

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \tau} x R_n + \frac{\tau}{(\delta + \tau)} x [2,70(1,0 + 0,010 U_2)(e_s - e_a)] \dots\dots\dots (2.1)$$

ET₀ : Evapotranspirasi rujukan (mm/hari)

δ : Kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperature (mb/°C)

$$\delta = \frac{4089 \times e_s}{(T + 237,3)^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

τ : Konstanta psikrometrik = 0,66 mb/°C

U_2 : Kecepatan angin pada tinggi 2 m (Km/hari)

$$U \times \frac{\text{Log } 100}{\left[\frac{\text{Log } 100h}{2}\right]} \dots\dots\dots (2.3)$$

e_s : Tekanan uap jenuh (kPa)

$$0.611 \exp \frac{[17.27T]}{[T + 273.3]} \dots\dots\dots (2.4)$$

e_a : Tekanan uap aktual (kPa)

$$e_s \times R_h \dots\dots\dots (2.5)$$

R_n : Radiasi bersih setara penguapan (mm/hari) = $R_S (1 - \alpha) - R_b$ (2.6)

α : Albedo

R_b : Radiasi gelombang panjang (MJ/m²/hari); 1 MJ/m²/hari = 0.408 mm/hari

$$= \beta T_k^4 (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \left(0,10 + 0,90 \frac{n}{N} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

R_S : Radiasi global = $R_a (0,25 + 0,50 n/N)$ (2.8)

n/N : Durasi penyinaran matahari relatif (%)

Namun berdasarkan data pos iklim BMG di Indonesia telah diperoleh hubungan durasi penyinaran matahari relatif (n/N) perbulan dengan curah hujan (H) serta intensitas radiasi gelombang panjang (R_b) dengan curah hujan (*Rob Van der Weet, 1994 dalam Soewarno, 2000*), yang persamaannya adalah seperti berikut:

$$\frac{n}{N} = 1 - 0,054 H^{0,42} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$R_b = 5 - 1,12 H^{0,20} \dots\dots\dots (2.10)$$

R_a : Radiasi ekstra teresterial (mm/hari), dapat dicari menurut daerah lintang lokasi studi berdasarkan tabel berikut

Tabel 2.1 Radiasi matahari (R_a) pada berbagai garis lintang

Belahan Bumi												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lintang Utara												
10	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
8	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
4	14,3	15	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
2	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
Lintang Selatan												
0	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
2	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
4	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
6	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
8	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
10	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

Berdasarkan persamaan (2.6.) dan (2.7.), maka persamaan (2.5.) dapat ditulis kembali menjadi;

$$R_n = R_a (1 - \alpha)(0,25 + 0,50(1 - 0,054H^{0,42}) - (5 - 1,12H^{0,20})) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan nilai α dihitung berdasarkan persamaan seperti direkomendasikan Wright untuk persamaan Penman di daerah tropis (Cuenca, 1989), yakni;

$$\alpha = 0,29 + 0,06 \sin [30(M + 0,0333N + 2,25)] \dots\dots\dots (2.12)$$

M : Nomor bulan (Januari = 1, Februari = 2, dan seterusnya)

N : Jumlah hari dalam 1 bulan.

H : Jumlah curah hujan dalam 1 bulan.

Karena tidak dimiliki data kecepatan angin yang tercatat pada siang dan malam hari, maka pada perhitungan kecepatan angin untuk analisis evapotranspirasi dapat menggunakan persamaan (2.3) (Soeryamassoeka, 2020; Gampo et al, 2021).

2.3 Debit Aliran

Debit adalah laju aliran (dalam bentuk volume air) yang melewati satu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 1995). Untuk mengetahui kebutuhan air pengairan (irigasi bagi lahan-lahan pertanaman, debit air di daerah bending harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran-saluran induk, sekunder tersier) yang disiapkan di lahan-lahan pertanian. Supaya pengaliran air pengairan suatu areal dapat diatur sebaik-baiknya (tidak berlebih atau dapat dimanfaatkan seefisien mungkin, dengan mengikat kepentingan areal lahan pertanaman lainnya) maka dalam pelaksanaannya perlu dilakukan pengukuran-pengukuran debit air. Dengan distribusi yang terkendali dengan bantuan pengukuran-pengukuran tersebut, maka masalah kebutuhan air pengairan selalu dapat diatasi tanpa menimbulkan gejolak dimasyarakat petani pemakai air pengairan. Pengukuran debit air dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran debit air secara langsung menggunakan alat ukur pintu romijin, sekat ukur tipe cipoletti, sekat ukur tipe Thompson, dan alat ukur parshal Flume. Sedangkan secara tidak langsung menggunakan pelampung (*Flood Method*) dan alat ukur arus (*current meter*) (Arif, 2019).

Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang lintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam setiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata V , sehingga debit aliran dapat dihitung dengan persamaan berikut (Triatmodjo,1996):

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

- Q = debit aliran (m³/detik)
- A = luas penampang basah (m²)
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/detik)

2.4 Pola Tanam

Pola tanam adalah usaha penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur susunan tata letak dan urutan tanaman selama periode waktu tertentu termasuk masa pengolahan tanah dan masa tidak ditanami selama periode tertentu (Campbell, 2002). Penggunaan pola tanam yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya yang ada. Intensitas penggunaan lahan meningkat dengan memanfaatkan sumber daya lahan dan waktu lebih efisien, meningkatkan pula produktivitas lahan (Raharja, 2005). Hanya saja dalam pengelolaannya diperlukan pemahaman kaedah teoritis dan keterampilan yang baik tentang semua faktor yang menentukan produktivitas lahan tersebut.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk menyusun suatu pola tanam agar meningkatkan produktivitas lahan yaitu 1). Perencanaan komponen tanaman seperti pemilihan jenis tanaman yang sesuai, menentukan urutan penanaman jenis-jenis tanaman tertentu dengan mempertimbangkan keadaan iklim, sifat biologi tanaman dan keadaan pasarnya; 2). Mempersingkat periode tumpang tindih antara kedua jenis tanaman karena pada periode tersebut terjadi kompetisi intraspesifik dan interspesifik; 3). Perlu adanya penyesuaian teknik budidaya pada setiap jenis tanaman karena terjadi perubahan pengelolaan tanaman menurut posisinya dalam pola tanam (Gomez & Gomez, 1983).

Dalam menentukan pilihan pola tanam yang efisien pada areal pertanian padi sawah, maka diperlukan upaya monitoring yang mampu mengamati, menganalisis, menyajikan, dan memunculkan model keputusan, sehingga aktifitas pertanian padi sawah dapat dilakukan pada waktu yang tepat secara berkelanjutan (Saputra et al, 2021). Secara umum ada dua jenis pola tanam yang digunakan oleh petani yaitu, monokultur dan polikultur.

a. Monokultur

Monokultur yaitu sistem pertanian atau pola tanam yang dikembangkan hanya menanam satu jenis tanaman saja pada satu bidang lahan pada satu periode tertentu. Kelebihan sistem pertanian monokultur adalah teknis budi dayanya relatif mudah dan simple (lebih sederhana) karena komoditas tanaman yang ditanam dan

dipelihara hanya satu jenis tanaman saja. Sedangkan kelemahan sistem pertanian monokultur adalah tanaman relatif mudah terserang hama dan penyakit disebabkan sistem tanam dan keseragaman tanaman terus-menerus sepanjang musim tanam sehingga mempercepat berkembangnya organisme pengganggu tanaman (Agoestina, 2020).

b. Polikultur

Polikultur yaitu sistem pertanian atau pola tanam yang menanam berbagai jenis tanaman pada satu bidang lahan pada satu periode tertentu tersusun dan terencana dengan menerapkan dan memperhatikan aspek lingkungan yang lebih baik (Agoestina, 2020). Prinsip pertanian polikultur adalah menirukan keragaman ekosistem atau vegetasi secara alami; yakni berbagai jenis tumbuhan tumbuh pada waktu dan ruang yang sama secara bersamaan. Sesuai dengan pengertian dan pemahaman akan sistem pertanian polikultur, maka sistem pertanian polikultur masih dibedakan beberapa macam/sistem, antara lain:

1. Tumpang sari (*intercropping*). Tumpang sari adalah sistem penanaman lebih dari satu jenis tanaman pada waktu yang bersamaan atau selama satu periode tanam pada satu tempat yang sama.
2. Tumpang ganda (*multiple cropping*). Tumpang ganda adalah sistem bercocok tanam yang menanam lebih dari satu jenis tanaman pada sebidang tanah yang waktunya bersamaan atau digilir secara beruntun sepanjang tahun dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal, diarahkan untuk meningkatkan optimalisasi pemanfaatan sumber daya dengan tetap memperhatikan kelestariannya.
3. Tanaman campuran (*mixed cropping*). Tanaman campuran merupakan pola pertanaman yang terdiri dari beberapa komoditas tanaman yang tumbuh tidak beraturan jarak tanamnya maupun larikannya, sehingga semua tercampur jadi satu.
4. Tanaman bersisipan (*relay cropping*). Tanaman bersisipan merupakan bentuk pola tanam yang dilaksanakan dengan cara menyisipkan satu atau beberapa

jenis tanaman di antara tanaman pokok pada waktu yang sama atau waktu yang berbeda.

5. Tanaman bergiliran (*sequential planting*). Tanaman bergiliran merupakan pola pertanaman dari dua jenis tanaman atau lebih yang ditanam secara bergiliran. (Pradana, 2017; Agoestina, 2020)

Untuk mendapatkan pola tanam dari beberapa pola tanam yang diperkirakan ada beberapa aspek yang harus diperhatikan antara lain (a) data curah hujan efektif bulanan rata-rata, (b) jenis perkolasi tanah di daerah tersebut, (c) besar kebutuhan air untuk irigasi dan (d) besaran koefisien tanaman (Litbang Pertanian, 2017).

Karakter tanaman dalam masa tumbuhnya dari bulan ke bulan tidak akan sama sehingga menyebabkan nilai besaran evapotranspirasinya pun akan berbeda. Oleh dikarenakan hal tersebut, dalam pemakaian air konsumtif untuk bulanan atau tengah bulanan perlu ada perubahan nilai karena koefisien bulanannya tidak selalu sama (tergantung pada jenis pertumbuhannya) (PPID, 2019).

Tabel 2.2 Koefisien Tanaman Padi (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013)

Bulan	Nedeco/Prosida		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	1.10	0.00
3,5	1.12		0.95	
4	0		0.00	

Tabel 2.3 Koefisien Beberapa Tanaman 15 Harian Sesuai dengan Perhitungan ET Menurut FAO (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013)

Tanaman	Jumlah Hari	kc untuk 15 harian ke												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0.5	0.75	1	1	0.82	0.45*							
Jagung	80	0.5	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95*							
K. 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	0.9	0.95*								
Buncis	75	0.5	0.64	0.89	0.95	0.88								
Kapas	195	0.5	0.5	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

2.5 Pemberian Air Irigasi

Pemberian air irigasi merupakan penyaluran alokasi air dari jaringan utama kepetak tersier dan kuarter (Purba, 2011). Ada 3 (tiga) cara pemberian air irigasi untuk padi, yaitu:

1. Pemberian Air Untuk Menjaga Tinggi Genangan

Penggenangan air irigasi dapat dilakukan secara terus menerus dengan ketinggian yang sama sepanjang pertumbuhan tanaman. Keadaan ini bisa dilakukan apabila jumlah air yang tersedia dalam kondisi yang cukup. Dengan tinggi genangan kurang dari 5 cm maka diperoleh produksi yang tinggi dan air lebih efisien (hemat).

2. Pemberian Air Secara Pengaliran Terus-menerus

Pemberian air dengan cara ini dilakukan bila air terdapat dalam jumlah yang melimpah. Air dialirkan dari petak sawah ke petak lainnya melalui batang bamboo atau lubang di pematang sepanjang masa pertumbuhan tanaman. Cara ini dinilai boros air serta pemakaian pupuk maupun pestisida tidak efisien.

3. Pemberian Air Secara Terputus-putus

Pemberian air secara terputus-putus adalah cara memberikan dengan penggenangan yang diselingi dengan pengeringan (pengaturan) pada jangka waktu tertentu, yaitu saat pemupukan dan penyiangan. Cara ini disarankan

karena dapat meningkatkan produksi dan menghemat penggunaan air (IISP, 2001).

2.6 Pembagian Air

Ada 3 (tiga) cara pembagian air irigasi yaitu: sistem serentak, sistem golongan, dan sistem rotasi. Penerapan ketiga cara tersebut tergantung pada jumlah air yang tersedia.

1. Pemberian Air Irigasi Cara Serentak

Air diberikan ke seluruh areal yang ditanami pada waktu bersamaan secara merata. Jumlah air yang dibagikan disesuaikan phase perkembangan padi dan kebutuhan air yang diperlukan secara maksimal. Cara ini dapat dilakukan apabila jumlah air yang tersedia cukup banyak.

2. Pemberian Air Irigasi Cara Golongan

Cara ini dilakukan bila jumlah air yang tersedia sangat terbatas, sementara kebutuhan air (terutama saat pengolahan tanah) sangat besar. Maka saat tanam dilakukan secara bertahap dari satu petak tersier ke petak lainnya. Kelompok-kelompok dalam petak tersier ini disebut sebagai golongan. Idealnya satu daerah irigasi dibagi dalam 3-5 golongan dengan jarak waktu tanam biasanya 2-3 minggu.

3. Pemberian Air Irigasi Cara Rotasi/Giliran

Jika kebutuhan air irigasinya besar sementara air yang tersedia kurang, maka perlu dilakukan pemberian air secara giliran antara petak tersier, atau antara petak sekunder. Idealnya periode giliran adalah 2-3 hari dan jangan lebih dari 1 minggu karena akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Hansen et al., 1992).

2.7 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah 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 (Takeda & Sosrodarsono, 2003). Kebutuhan air untuk irigasi lahan pertanian dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yakni kebutuhan air bersih di lahan

pertanian, kebutuhan irigasi untuk padi atau palawija, serta pengambilan air dari sumbernya. Besarnya kebutuhan air untuk irigasi lahan pertanian dinyatakan sebagai berikut (Dirjen Pengairan DPU, 1986):

a. Kebutuhan bersih air di sawah pada masa penyiapan lahan

$$\text{NFR} = \text{ET}_c - \text{Re} \dots\dots\dots (2.14)$$

b. Kebutuhan bersih air di sawah diluar masa penyiapan lahan

$$\text{NFR} = \text{ET}_c + \text{P} - \text{Re} + \text{WLR} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

NFR = Kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

WLR = Penggantian Lapisan Air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

c. Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (*Intake*)

$$\text{DR} = \frac{\text{NFR} \times \text{A}}{\text{ef}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

DR = Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (l/detik/ha)

A = Luas area irigasi (ha)

ef = efisiensi irigasi

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

a. Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu lahan. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

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

Berikut adalah metode perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlsha (1968):

$$IR = \frac{Me^k}{e^k - 1} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah di jenuhkan.

e = Bilangan Napier (2,7183)

k = Konstanta

$$M = E_0 + P \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

E₀ = Evaporasi air terbuka yang di ambil 1,1 ETo selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

$$k = \frac{M \times T}{S} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

b. Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah banyak air yang dibutuhkan untuk kehidupan tanaman yang biasa disebut evapotranspirasi. Evapotranspirasi terdiri dari dua istilah yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah air yang menguap dari tanah yang berdekatan dengan tanaman, permukaan air yang berada disekitar tanaman (bila ada genangan). Transpirasi adalah air yang menguap dari permukaan daun-daun atau dari tanaman.

Besarnya penggunaan konsumtif dipengaruhi oleh evapotranspirasi tanaman acuan dan koefisien tanaman.

1. Evaporasi tanaman acuan

Evaporasi tanaman acuan adalah evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan yaitu rerumputan pendek. Evaporasi tanaman acuan adalah kondisi

evaporasi berdasarkan keadaan meteorologi seperti: temperatur, lama matahari bersinar, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

2. Koefisien tanaman

Koefisien tanaman untuk masing-masing jenis tanaman sangat berbeda-beda dan tergantung pada:

- Macam tanaman (padi, jagung, tebu, dan lainnya)
- Macam varietas dan umur tanaman
- Masa pertumbuhan

Berikut rumus untuk menghitung penggunaan konsumtif (Dirjen Pengairan DPU, 1986):

$$ET_c = k_c \times ET_o \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

ET_c = Penggunaan konsumtif (mm/hari)

k_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

c. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan diantara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dengan permukaan air tanah.

Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi.

d. Pergantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air adalah penggantian air genangan di sawah dengan air irigasi yang baru dan segar. Penggantian air dilakukan setelah pemupukan, usahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-

masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

e. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif mempunyai arti sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah atau petak sawah semasa pertumbuhan tanaman dan dapat digunakan secara langsung untuk memenuhi kebutuhan air tanaman.

Untuk irigasi pada curah hujan efektif bulanan di ambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun.

$$Re = 0,7 \times \frac{1}{15} R \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

R = Curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun/mm

2.8 Ketersediaan Air Irigasi

Ketersediaan air merupakan volume air yang terdapat dalam siklus hidrologi di suatu wilayah, yang merupakan gabungan dari air hujan, air permukaan, dan air tanah. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalami proses evapotranspirasi, sebagian akan masuk kedalam tanah, dan sisanya akan mengalir di permukaan bumi sebagai aliran permukaan menuju lokasi yang lebih rendah (Takeda & Sosrodarsono, 2003).

Ketersediaan air irigasi atau sering dinamakan sebagai debit andalan (*dependeable flow*) adalah debit minimum untuk kemungkinan terpenuhi air yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi, kemungkinan terpenuhi 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%) (Bardan, 2014).

Ketersediaan air untuk keperluan irigasi secara garis besar dibedakan menjadi dua jenis, yaitu ketersediaan air di lahan dan ketersediaan air di bangunan pengambilan. Ketersediaan air di lahan adalah air yang tersedia disuatu lahan pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di lahan itu sendiri. Sedangkan ketersediaan air irigasi di bangunan pengambilan air adalah air yang tersedia di suatu bangunan pengambilan yang dapat digunakan untuk

mengairi lahan pertanian melalui suatu sistem irigasi. Ketersediaan air di lahan tergantung dari ketersediaan air di bangunan pengambilan, karena air yang ada di lahan sebagian besar berasal dari pemberian air di bangunan pengambilan.

Untuk mengetahui besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

1. Pengukuran langsung dilapangan.
2. Perhitungan dengan rumus empiris.

Perhitungan dengan rumus empiris dapat dilakukan dengan menggunakan Metode Mock, metode yang diperkenalkan oleh Dr. F. J. Mock ini cocok digunakan di wilayah Indonesia untuk mendapatkan debit andalan dan untuk menghitung ketersediaan air sungai.

Analisis ketersediaan air irigasi dilakukan untuk mendapatkan probabilitas debit andalan 80% dengan cara mentransformasikan hujan menjadi aliran menggunakan metode Mock, sedangkan untuk mendapatkan probabilitas debit andalan 80% digunakan rumus Weibull. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan debit dengan metode Mock ini adalah curah hujan, data klimatologi, dan luas catchment area. Secara keseluruhan perhitungan debit dengan metode Mock ini mengacu pada water balance, dimana kondisi-kondisi yang menjadi syarat batas harus dipenuhi (Soeryamassoeka, 2012)

Bentuk umum rumus persamaan *water balance* adalah:

$$P = E_a + \Delta GS + TRO \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

P = presipitasi dalam hal ini adalah hujan

E_a = evapotranspirasi aktual

ΔGS = perubahan *groundwater storage*

TRO = total *run off*

Volume air total yang ada di bumi adalah tetap, hanya sirkulasi dan distribusinya yang bervariasi. *Water Balance* merupakan siklus tertutup yang terjadi selama satu tahun. Sehingga persamaan *water balance* untuk periode satu tahun adalah:

$$P = Ea + TRO \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan:

P = presipitasi, dalam hal ini adalah hujan.

Ea = Evapotranspirasi aktual

TRO = Total *run off*

Beberapa hal yang dijadikan acuan dalam prediksi debit dengan metoda Mock sehubungan dengan *water balance* adalah :

- a. Dalam satu tahun, perubahan *ground water storage* (ΔGS) harus sama dengan nol.
- b. Jumlah total evapotranspirasi dan total *run off* selama satu tahun harus sama dengan total presipitasi yang terjadi dalam tahun itu.

Dengan tetap memperhatikan kondisi-kondisi batas *water balance* diatas, maka prediksi debit dengan metoda Mock akan akurat.

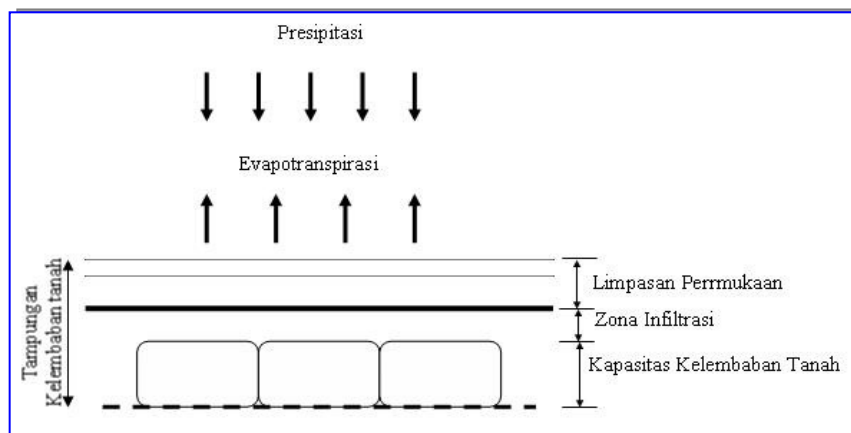
1. Water Surplus

Dalam metode Mock, water surplus merupakan bagian yang penting untuk memprediksi debit sungai. Alasannya adalah karena water surplus ini berpengaruh langsung pada infiltrasi dan total *run off* yang merupakan komponen debit.

Water surplus didefinisikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage*, disingkat SS). Persamaan water surplus (disingkat WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - Ea) + SS \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan memperhatikan gambar berikut ini, maka water surplus merupakan air limpasan permukaan ditambah dengan air yang mengalami infiltrasi. Tampungan tanah (*soil moisture storage*, disingkat SMS) terdiri dari kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity*, disingkat SMC), infiltrasi, limpasan permukaan tanah dan tampungan tanah (*soil storage*, disingkat SS).



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses terjadinya Water Surplus

2. Tampungan Kelembaban Tanah

Tampungan kelembaban tanah (soil moisture storage, disingkat SMC) terdiri dari kapasitas kelembaban tanah dan tampungan tanah (soil storage, disingkat SS). Mock menetapkan bahwa besarnya kapasitas kelembaban tanah maksimum adalah tergantung tipe tanaman penutup lahan (land cover) dan tipe tanahnya dalam satuan mm/bulan. Dalam metode Mock, tampungan kelembaban tanah dihitung sebagai berikut;

$$SMS = ISMS + (P - Ea) \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan:

ISMS = Initial soil moisture storange (tampungan kelembaban tanah awal), merupakan soil moisture capacity (SMC) bulan sebelumnya.

P – Ea = presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi

Asumsi yang dipakai oleh F. J. Mock adalah air akan memenuhi SMC terlebih dahulu sebelum *water surplus* tersedia untuk infiltrasi dan perkolasi yang lebih dalam atau melimpas langsung (*direct run off*). Ada dua keadaan menentukan SMC, yaitu;

- ☑ SMC = 200 mm/bulan, jika $P - Ea \geq 0$.

Artinya *soil moisture storage* (tampungan tanah lembab) sudah mencapai kapasitas maksimumnya atau terlampaui sehingga air tidak disimpan

dalam tanah lembab. Ini berarti *soil storage* (SS) sama dengan nol dan besarnya water surplus sama dengan $P - E1$.

- ☒ $SMC = SMC$ bulan sebelumnya + $(P - E1)$, jika $P - E1 < 0$.

Untuk keadaan ini, tampungan tanah lembab (*soil moisture storage*) belum mencapai kapasitas maksimum, sehingga air yang disimpan dalam tanah lembab. Besarnya air yang disimpan ini adalah $P - E1$. Karena air berusaha untuk mengisi kapasitas maksimumnya, maka untuk keadaan ini tidak ada *water surplus* ($WS = 0$). Selanjutnya WS ini akan mengalami infiltrasi dan melimpas dipermukaan (*run off*). Besarnya infiltrasi tergantung pada koefisien infiltrasi.

Namun harus diperhatikan juga, nilai SMC tergantung dari jenis tanah dan vegetasi di lokasi yang ditinjau.

3. Base Flow, Direct Run Off dan Storm Run Off

Air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi dan limpasan dalam tanah lembab selanjutnya akan melimpas di permukaan (*surface run off*) dan mengalami perkolasi. Berikutnya, menurut Mock besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan dengan koefisien Infiltrasi (if), atau;

$$\text{Infiltrasi (In)} = WS \times If \dots\dots\dots (2.26)$$

Koefisien infiltrasi ditentukan oleh kondisi porositas dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang bersifat *porous* umumnya memiliki koefisien infiltrasi yang cenderung besar. Namun jika kemiringan tanahnya terjal dimana air tidak sempat mengalami infiltrasi dan perkolasi ke dalam tanah, maka koefisien infiltrasinya bernilai kecil. Infiltrasi terus terjadi sampai zona tampungan air tanah (*groundwater storage*, disingkat GS).

Dalam metode ini, besarnya *grounwater storage* (GS) dipengaruhi oleh:

a. *Infiltrasi (If)*

Semakin besar infiltrasi, semakin besar pula *groundwater storage*. Demikian sebaliknya.

b. *Konstanta Resasi (K)*

Konstanta resesi aliran bulanan (*monthly flow recession constant*) disimbolkan dengan K adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang. Nilai K ini cenderung lebih besar pada bulan basah.

c. *Groundwater Storage* bulan sebelumnya (G_{som}).

Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal, dengan anggapan bahwa *water balance* merupakan siklus tertutup yang ditinjau selama satu tahun. Dengan demikian, maka nilai asumsi awal bulan pertama harus sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir. Untuk kalibrasi nilai G_{som} asumsi awal bulan pertama tidak harus sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir.

Dari ketiga faktor diatas, Mock merumuskan sebagai berikut:

$$GS = \{0,5 \times (1 + K) \times I_n\} + \{G_{\text{som}}\} \dots \dots \dots (2.27)$$

Metode Mock adalah metode untuk memprediksi debit yang didasarkan pada *water balance*. Oleh karena itu batasan-batasan *water balance* ini harus dipenuhi. Salah satunya adalah bahwa perubahan *groundwater storage* (ΔGS) selama 1 tahun adalah nol.

$$\sum_{i=\text{bulanke}-1}^{\text{bulanke}-12} \Delta GS = 0 \dots \dots \dots (2.28)$$

Perubahan *groundwater storage* (ΔGS) ini penting bagi terbentuknya aliran dasar sungai (*base flow*, disingkat BF). Dalam hal ini *base flow* merupakan selisih antara infiltrasi dengan perubahan *groundwater storage*, dalam bentuk persamaan:

$$BF = I_n - \Delta GS \dots \dots \dots (2.29)$$

Jika pada suatu bulan ΔGS bernilai negatif (terjadi karena GS bulan yang ditinjau lebih kecil dari bulan sebelumnya), maka *base flow* akan lebih besar dari nilai infiltrasinya.

Seperti dijelaskan di atas, karena *water balance* merupakan siklus tertutup dengan periode 1 tahun maka perubahan *groundwater storage* (ΔGS) selama 1 (satu) tahun adalah nol.

Selain *base flow*, komponen debit yang lain adalah *direct run off* (limpasan langsung) atau *surface run off* (limpasan permukaan). Limpasan permukaan berasal dari *water surplus* yang telah mengalami infiltrasi. Jadi *direct run off* dihitung dengan persamaan:

$$DRO = W_s - I_n \dots \dots \dots (2.30)$$

Setelah *base flow* dan *direct run off* komponen pembentuk debit yang lain adalah *storm run off*, yaitu limpasan langsung ke sungai yang terjadi selama hujan deras. *Storm run off* ini hanya beberapa persen saja dari hujan. *Storm run off* hanya dimasukkan kedalam total *run off*, bila presipitasi kurang dari nilai maksimum *soil moisture capacity*. Menurut Mock *storm run off* dipengaruhi oleh *percentage factor*, disimbolkan dengan PF.

Percentage factor adalah persen hujan yang menjadi limpasan. Besarnya PF oleh Mock disarankan 5%-10%, namun tidak menutup kemungkinan untuk meningkat secara tidak beraturan hingga mencapai 37,3%.

Dalam perhitungan debit ini, Mock menetapkan bahwa;

- a. Jika presipitasi (P) > maksimum *soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* = 0.
- b. Jika P < maksimum *soil moisture capacity* maka *storm run off* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor*.

$$SRO = P \times PF \dots \dots \dots (2.31)$$

Dengan demikian maka *total run off* (TRO) yang merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah *bese flow*, *direct run off* dan *strom run off* atau:

$$\text{TRO} = \text{BF} + \text{DRO} + \text{SRO} \dots \dots \dots (2.32)$$

Total *run off* ini dinyatakan dalam mm/bulan. Maka jika TRO ini dikalikan dengan *cacthment area* (luas daerah tangkapan air) dalam km² dengan suatu angka konversi tertentu akan didapatkan besaran debit atau *stream flow* dalam m³/det.

2.9 Imbangan Air (*Water Balance*)

Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu (Sri Harto Br., 2000; Noerhayati, 2020). Masukan adalah semua air yang masuk ke dalam sistem, sedangkan keluaran adalah semua air yang keluar dari sistem. Masukan dalam sistem hidrologi akan dialihragamkan (*transformated*) menjadi keluaran yang berupa aliran dengan bentuk dan sifat yang tertentu.

Imbangan air adalah suatu kontrol untuk mengetahui bagaimana kebutuhan air irigasi dapat dilayani oleh ketersediaan air yang ada, sehingga diketahui apakah suatu areal irigasi mengalami, kelebihan air (surplus) ataukah kekurangan air (defisit) (Simbolon et al, 2004).

Analisis imbangan air (*water balance*) berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_{\text{sisa}} = Q_a - Q_k \dots \dots \dots (2.35)$$

Keterangan:

Q_a = debit andalan di bendung/bangunan bagi (l/detik)

Q_k = debit kebutuhan irigasi (l/detik)

Q_{sisa} = debit sisa di bendung/bangunan bagi (l/detik)

2.10 Efektifitas

Tingkat efektifitas saluran irigasi adalah tingkat kemampuan saluran mengalirkan air untuk melayani kebutuhan air pada petak-petak pelayanan. Tingkat efektifitas saluran dipengaruhi oleh perubahan dimensi saluran dan luasan areal pelayanan setelah perencanaan. Tingkat efektifitas saluran dapat diukur dengan membandingkan besarnya debit rencana maksimum yang dialirkan ke petak-petak pelayanan dengan debit maksimum yang dapat dialirkan oleh saluran irigasi

(Febriyani, 2014). Tingkat efektifitas saluran dapat diukur dengan persamaan berikut

$$EF_1 = \frac{Q_{rencana}}{Q_{kapasitas}} \dots\dots\dots (2.36)$$

EF_1 : Efektifitas saluran irigasi

$Q_{kapasitas}$: Debit kapasitas saluran ($m^3/detik$)

$$Q_{kap} = A \times V \dots\dots\dots (2.37)$$

A : Luas penampang basah

V : Kecepatan aliran ($m/detik$)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots (2.38)$$

n : Koefisien manning, dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Koefisien Manning Untuk Saluran

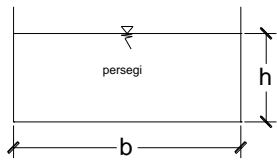
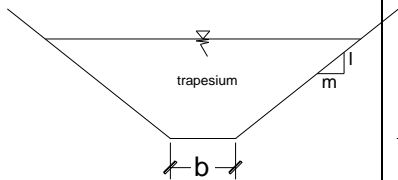
Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0,016-0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023-0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050-0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035-0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023-0,035
	Pasangan batu belat	0,017-0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014-0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018-0,030

R : Jari-jari hidraulis = A/P

P : Keliling basah (m)

Elemen penampang saluran yaitu luas penampang, keliling basah, dan jari-jari hidraulis dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Elemen Penampang Saluran

Bentuk Penampang	Luas Penampang	Keliling Basah	Jari – Jari Hidraulis
	$b \cdot h$	$b + 2h$	$\frac{b \cdot h}{b + 2h}$
	$(b + mh) h$	$b + 2h \sqrt{(1 + m^2)}$	$\frac{(b + mh) h}{b + 2h \sqrt{(1 + m^2)}}$

I : Kemiringan memanjang saluran

$Q_{rencana}$: Debit aliran rencana

$$Q_{renc} = \frac{c \times NFR \times A}{e} \dots \dots \dots (2.39)$$

c : Koefisien pengaliran akibat sistem golongan

NFR : Kebutuhan Air Di Sawah (liter/detik/ha)

A : Luas daerah yang dialiri (ha)

e : Effisiensi irigasi

Besarnya effisiensi irigasi adalah sebagai berikut:

- e_t (effisiensi jaringan tersier) = 77,5% - 85%
- e_s (effisiensi jaringan sekunder) = 87,5% - 92,5%
- e_p (effisiensi jaringan primer) = 87,5% - 92,5%

sehingga effisiensi secara keseluruhan (total) dihitung sebagai berikut :

$$e = e_t \times e_s \times e_p \dots \dots \dots (2.40)$$

berdasarkan persamaan diatas maka effisiensi secara keseluruhan mempunyai nilai rata-rata antara 0,59 – 0,73.

Biasanya untuk proyek irigasi tertentu yang mencakup daerah yang bisa diairi seluas 10.000 ha dan mengambil air langsung dari sungai, tidak ada pengurangan

debit rencana (koefisien pengurangan $c=1$), pada jaringan yang telah ada, faktor pengurangan $c<1$ mungkin dipakai sesuai dengan pengalaman O & P (Dirjen Pengairan DPU, 1986).

2.11 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian-penelitian yang relevan dengan penelitian untuk tugas akhir ini. Persamaan dan perbedaan penelitian serupa yang pernah dilakukan tersebut dengan penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.6 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

No	Keterangan	Penelitian Sebelumnya		Penelitian Sekarang
		1	2	
1	Penulis	Vika Febriyani	Benny Sabam S	Permada Garah Pradanapa
2	Tahun Penulisan	2014	2014	2022
3	Judul	Kajian Efektifitas Dan Efisiensi Saluran Primer Daerah Irigasi Begasing Kecamatan Sukadana	Kajian Efektifitas Saluran Irigasi Di Daerah Irigasi Gerinis	Analisis Imbangan Air Dan Efektifitas Saluran Pada Jaringan Irigasi Di Daerah Irigasi (D.I.) Madi
4	Evapotranspirasi	Penman Modifikasi FAO (Perhitungan Perbulan)	Penman Modifikasi FAO (Perhitungan Perbulan)	Penman Modifikasi FAO (Perhitungan Per Setengah Bulan)
5	Kebutuhan Air	Mock (Perhitungan Perbulan)	Mock (Perhitungan Perbulan)	Mock (Perhitungan Per Setengah bulan)
6	Ketersediaan Air	KP - 01 Lampiran II	KP - 01 Lampiran II	KP - 01 Lampiran II
7	Imbangan Air	$L = \frac{\text{Debit Andalan Probabilitas 80\%}}{\text{Debit Kebutuhan di Intake}}$	Grafik	$Q_{\text{sisa}} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan}}$
8	Efektifitas	$E_{\text{Fi}} = \frac{Q_{\text{rencana } i}}{Q_{\text{kapasitas } i}}$	$E_{\text{Fi}} = \frac{Q_{\text{rencana } i}}{Q_{\text{kapasitas } i}}$	$E_{\text{Fi}} = \frac{Q_{\text{rencana } i}}{Q_{\text{kapasitas } i}}$
9	Efisiensi	$E_{\text{Fii}} = \frac{Q_{\text{real } i}}{Q_{\text{rencana } i}}$	-	-