

# IRIGASI & BANGUNAN AIR

**IRIGASI  
&  
BANGUNAN AIR**

**Yeri Sutopo  
Karuniadi Satrijo Utomo**

# Irigasi & Bangunan Air

**Penulis :**

Yeri Sutopo  
Karuniadi Satrijo Utomo

**Editor & Layouter:**  
Shohihatur Rohman  
Naufal Tinov



**© HAK CIPTA PADA PENULIS  
HAK PENERBIT PADA PENERBIT**

**TIDAK BOLEH DIREPRODUKSI SEBAGIAN ATAU  
SELURUHNYA DALAM BENTUK APAPUN  
TANPA IZIN TERTULIS DARI PENGARANG DAN/ ATAU  
PENERBIT.**

Kutipan Pasal 72;  
Sanksi Pelanggaran Undang-Undang Hak cipta  
(UU No.19 Tahun 2002)

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

## **PRAKATA**

Air merupakan sumber daya alam yang penting untuk kebutuhan manusia. Sebagian besar masyarakat Indonesia masih menggunakan sungai, waduk, danau, dan sumur untuk sumber air utama. Sudah tidak terbantahkan lagi bahwa air merupakan sumber kehidupan bagi umat manusia yang sangat vital, Danau dan Bendungan merupakan tempat kumpulan air baik itu air tawar maupun air asin dalam suatu cekungan bumi yang di kelilingi daratan. Bukan tanpa alasan kenapa kini pemerintah tengah mengupayakan kelestarian kekayaan alam ini karena di samping fungsi dan manfaatnya, danau atau bendungan diyakini dapat menentukan kondisi bumi terutama dalam pengendalian ekosistem kedepan.

Irigasi merupakan usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi rawa. Pentingnya pengetahuan mengeni jenis, manfaat dan tataran teknis irigasi serta bangunan bendungan



diharapkan mampu dimanfaatkan dalam irigasi dan bangunan bendungan dalam konteks yang sebenarnya.

Buku ini disusun atas dorongan berbagai pihak, untuk itu penulis sangat berterima kasih atas dukungannya. Kritik dan saran-saran perbaikan sangat penulis harapkan.

Semoga bermanfaat.

Semarang, Nopember 2019

Penulis

# Irigasi & Bangunan Air

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN AWAL</b> .....	<b>i</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I. SEJARAH DAN PENGEMBANGAN IRIGASI DI INDONESIA</b>	
1. Sejarah Irigasi di Indonesia .....	1
2. Irigasi.....	10
3. Potensi dan Tantangan Irigasi di Indonesia .....	13
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>33</b>
<b>BAB II. HUBUNGAN ANTARA AIR, TANAH, UDARA DAN TANAMAN</b>	
1. Jumlah dan Peran Air dalam Tanaman .....	38
2. Sifat – Sifat Air yang Bermanfaat Untuk Tanaman .....	48

3. Jenis Air yang Berada di Media Tumbuh - Tumbuhan .....	56
4. Pengangkutan Air Pada Tanaman.....	58
5. Peranan Air Secara Umum Terhadap Tumbuhan .....	61
6. Peranan Air Secara Terhadap Pertumbuhan Tanaman .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65

### **BAB III. KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN**

1. Air yang Diperlukan Tanaman dan Pemakaian Air .....	68
2. Irigasi Padi dan Sawah .....	85
3. Keperluan Air Pada Berbagai Tahap Pertumbuhan Tanaman .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	106

### **BAB IV. KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI**

1. Kebutuhan Air Irigasi .....	110
2. Pola Tanam.....	118
3. Kebutuhan Air di Sawah .....	125
4. Analisis ETo, Kasus Daerah Irigasi Sidopangus Kabupaten Semarang .....	129
5. Langkah-langkah Analisis ETo Kasus Daerah Irigasi Idopangus Kabupaten Semarang .....	140

6. Langkah-langkah Analisis Kebutuhan Air Irigasi atau DR (debit aliran di bangunan <i>intake</i> ) Kasus Daerah Irigasi Sidopangus Kabupaten Semarang .....	148
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>153</b>

**BAB V. NERACA AIR DAERAH ALIRAN  
SUNGAI (DAS) UNTUK PERTANIAN METODE  
MJ MOCK**

1. Neraca Air .....	156
2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Neraca Air .....	161
3. Kebutuhan Air Irigasi .....	167
4. Perhitungan Simulasi Hujan-Debit Aliran Sungai Model F.J. Mock .....	176
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>190</b>

<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>192</b>
----------------------------	------------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 “ <b>Shadouf</b> ” Praktik irigasi di Mesir .....	2
Gambar 1.2 <b>Pembagian</b> zona pada bentang lahan rawa didasarkan pada pengaruh kekuatan pasang dan jangkauan intrusi air laut .....	20
Gambar 1.3 Irigasi rawa lebak .....	22
Gambar 1.4 Visualisasi daerah rawa lebak .....	24
Gambar 1.5 Lay out tata Air Rawa Lasolo Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara .....	32
Gambar 2.1 Jalur masuknya air ke dalam jaringan akar tumbuhan .....	42
Gambar 2.2 Fenomena terjadinya gutasi (tampak butiran-butiran air di pinggir daun) pada tumbuhan yang membuktikan adanya tekanan akar .....	45
Gambar 2.3 Percobaan pembuktian adanya tekanan akar dengan manometer .....	47
Gambar 2.4 Kemampuan air dalam melawan regangan .....	49
Gambar 2.5 Sifat adhesi air .....	51
Gambar 2.6 Sifat polar molekul air.....	53
Gambar 2.7 Proses kapilaritas air hujan ke dalam tanah .....	57
Gambar 2.8 Pengangkutan ekstravaskular simplas .....	59
Gambar 2.9 Pengangkutan air pada tumbuhan .....	60
Gambar 3.1 Proses terjadinya evapotranspirasi .....	72
Gambar 3.2 Skema faktor penentu evapotranspirasi .....	73



Gambar 3.3 Panci evaporasi kelas A.....	79
Gambar 3.4 Pengolahan tanah menggunakan hewan ternak (kerbau) .....	94
Gambar 3.5 Pengolahan tanah menggunakan traktor tangan .....	94
Gambar 3.6 Proses persemaian padi .....	98
Gambar 3.7 Fase pertumbuhan tanaman padi .....	101
Gambar 3.8 Fase pematangan tanaman padi .....	103
Gambar 3.9 Fase pertumbuhan tanaman padi dan pemberian air .....	104
Gambar 4.1 Salah satu tahap dalam menanam padi.....	123
Gambar 4.2 Peta Daerah Irigasi Sidopangus .....	130
Gambar 5.1 Contoh pola suhu dan evapotranspirasi potensial di DAS Gondang Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur .....	166

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Potensi air dan pengembangan irigasi di Indonesia .....	18
Tabel 1.2 Luas rawa pasang surut potensial yang sudah dan belum dimanfaatkan, 2006 .....	28
Tabel 1.3 Luas rawa lebak potensial yang sudah dan belum dimanfaatkan, 2006 .....	28
Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Air Dibandingkan dengan Molekul-molekul Lain dengan Ukuran Molekul yang Hampir Sama .....	55
Tabel 3.1 Koefisien tanaman padi (Kc) .....	75
Tabel 3.2 Nilai Koefisien Tanaman Padi (Kc) .....	76
Tabel 3.3 Nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) .....	83
Tabel 3.4 Nilai evaporasi potensial (ETo) .....	85
Tabel 3.5 Kebutuhan Air Tana,an padi Sesuai Tahap Pertumbuhannya .....	88
Tabel 3.4 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan padi sawah (mm/hari) .....	100
Tabel 4.1 Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan .....	115
Tabel 4.2 Harga-harga Koefisien Tanaman Padi .....	117
Tabel 4.3 Harga Perkolasi dari berbagai.....	118
Tabel 4.4 Tabel pola tanam .....	123
Tabel 4.5 Perencanaan pola tanam di Kota Mataram .....	124
Tabel 4.6 Perencanaan pola tanam di Lombok Utara .....	124
Tabel 4.7 Contoh Kasus Kebutuhan Air Irigasi di Daerah Irigasi (Alternatif 1 sampai 12) .....	127

Tabel 4.8 Pembagian luas daerah Pengaliran Sungai denga metode Polygon Thiessen .....	131
Tabel 4.9 Curah hujan harian maksimum stasiun Gunungpati (mm) .....	132
Tabel 4.10 Curah hujan harian maksimum stasiun Sumur Jurang (mm) .....	133
Tabel 4.11 Curah hujan harian maksimum stasiun PT. Cengkeh Zanzibar (mm) .....	134
Tabel 4.12 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Kawasan dengan metode Thiessen .....	135
Tabel 4.13 Perhitungan curah hujan efektif .....	136
Tabel 4.14 Perhitungan Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi dan Palawija .....	137
Tabel 4.15 Data klimatologi lokasi penelitian .....	138
Tabel 4.16 Ringkasan evapotranspirasi menggunakan metode Penman modifikasi .....	139
Tabel 4.5.1 hubungan antara T, ea, w, dan f(t) .....	140
Tabel 4.5.2 Angka angot (Ra) untuk Indonesia yang terletak diantara 50 LU s/d 100 LS .....	143
Tabel 4.5.3 Angka koreksi bulanan (c) untuk persamaan Penman .....	147
Tabel 4.6.1 Perhitungan kebutuhan air selama persiapan lahan .....	150
Tabel 4.6.2 Perhitungan kebutuhan air irigasi dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija awal tanam dimulai Agustus minggu ke-2 .....	152

Tabel 5.1. Hubungan antara tekstur tanah permukaan dengan tingkat Infiltrasi .....	175
Tabel g.1 Nilai radiasi matahari pada permukaan horizontal di luar atmosfer (mm/hari) .....	186
Tabel g.2 Hubungan temperatur rata-rata dengan parameter evapotranspirasi A, B dan $e_a$ .....	186
Tabel g.3 Koefisien refleksi, $r$ .....	187
Tabel g.4 Exposed surface, $m$ .....	187
Tabel g.5 Simulasi Perhitungan Hujan-Debit Aliran Sungai Model F.J. Mock Studi Kasus pada $7^{\circ} 02' 34''$ LS sampai dengan $7^{\circ} 02' 36''$ LS dan $110^{\circ} 24' 21''$ BT- $110^{\circ} 26'$ .....	188

## DAFTAR ISTILAH

$ET_c$	:	Evapotranspirasi <i>crop</i> atau potensial (mm/hari)
$ET_o$	:	Evapotranspirasi acuan (mm/hari)
$K_c$	:	Koefisien konsumtif tanaman
$c$	:	Koefisien tanaman bulanan
$P$	:	Presentase bulanan jam-jam hari terang dalam tahun
$T$	:	Suhu udara ( $C^\circ$ )
$I$	:	Indeks panas tahunan
$K_p$	:	Koefisien panci
$E_p$	:	Evaporasi panci (mm/hari)
$c$	:	Faktor koreksi keadaan iklim siang/malam
$W$	:	Faktor bobot tergantung dari suhu dan ketinggian tempat
$R_n$	:	Radiasi neto ekivalen dengan evaporasi (mm/hari)
$e_a$	:	Tekanan uap aktual (kPa)
$e_d$	:	Tekanan uap jenuh (kPa)
$F(u)$	:	Fungsi angin
$R_s$	:	Radiasi gelombang pendek yang diterima bumi (mm/hari)
$R_a$	:	<i>Extraterrestrial radiation</i> (mm/hari)
$R_a$	:	<i>The ratio between actual measured bright sunshine hours and maximum possible</i>



*sunshine hours*

- S : Keperluan air pengolahan lahan (mm)  
S(a) : Lengas tanah sesudah pelumpuran (%)  
S(b) : Lengas tanah sebelum pelumpuran (%)  
N : Porositas tanah (%)  
d : Kedalaman lapisan tanah yang dilumpurkan (mm)  
 $F_1$  : Kehilangan air selama pelumpuran (mm)  
 $F_d$  : Tinggi genangan di petakan sawah setelah tanam (mm)  
IR : Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)  
M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan  
 $E_o$  : Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 selama penyiapan lahan (mm/hari)  
P : Perkolasi (mm/hari)  
T : Jangka waktu penyiapan lahan (hari)  
S : Kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm  
 $K_c$  : Koefisien tanaman  
 $ET_o$  : Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)  
NFR : *Netto Field Hater Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

$ET_c$	:	Evaporasi tanaman (mm/hari)
$P$	:	Perkolasi (mm/hari)
$R_e$	:	Curah hujan efektif (mm/hari)
$WLR$	:	Penggantian lapisan air
$IR$	:	Air irigasi (mm/hari)
$E_f$	:	Efisiensi yang terdiri dari efisiensi di saluran dan bangunan tersier, sekunder dan primer
$DR$	:	Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/s/ha)
$1/8,64$	:	Angka konversi satuan dari mm hari ke lt/s/ha
$IR$	:	kebutuhan air irigasi selama persiapan lahan (mm/hari)
$E_f$	:	efisiensi yang terdiri dari efisiensi di saluran dan bangunan tersier, sekunder dan primer
$M$	:	Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi disawah yang sudah dijenuhkan, $M=E_o + P$ (mm/hari);
$K$	:	$MT/S$
$E_o$	:	Evaporasi air terbuka yang diambil $1,1x E_{to}$ selama penyiapan lahan (mm/hari);
$T$	:	Jangka waktu penyiapan lahan (hari);
$S$	:	Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50, yakni $200 + 50 = 250$ mm.

I	:	masukan ( <i>inflow</i> )
O	:	keluaran ( <i>outflow</i> )
$\Delta S$	:	Perubahan volume tampungan atau <i>storage</i>
P	:	Presipitasi
Q	:	debit
G	:	aliran dasar
E	:	Evaporasi
T	:	Transpirasi
m	:	Data urutan ke <i>m</i> yang akan digunakan sebagai $R_{80}$
n	:	Jumlah tahun pengamatan
$R_e$	:	Curah hujan efektif (mm/hari)
$R_{80}$	:	Curah hujan yang kemungkinan tidak terpenuhi sebesar 20% (mm)
p(%)	:	Probabilitas atau peluang terjadinya hujan (%)
$m_2$	:	Nomor urut data
$n_2$	:	Jumlah data
H	:	energi budget
	:	$H = R(1 - r)(0,18 + 0,55 S) -$ $- B(0,56 - 0,092\sqrt{e_d})(0,10 + 0,9 S)$
D	:	panas yang diperlukan untuk evapotranspirasi, dan
	:	$D = 0,35(e_a + e_d)(k + 0,01W)$
A	:	<i>slope vapour pressure curve</i> pada temperatur rata-rata, dalam mmHg/ $^{\circ}F$
B	:	radiasi benda hitam pada temperatur rata-rata, dalam mm H <sub>2</sub> O/hari
$e_a$	:	tekanan uap air jenuh pada temperatur rata-rata, dalam mmHg

$R_{mt}$	:	radiasi matahari, dalam mm/hari
$r$	:	koefisien refleksi. Koefisien refleksi diambil 0,1
$e_d$	:	tekanan uap air sebenarnya, dalam mmHg
$h$	:	kelembaban relatif rata-rata bulanan, dalam persen (%)
$k$	:	koefisien kekasaran permukaan evaporasi ( <i>evaporating surface</i> ). Koefisien kekasaran evaporasi diambil 1,0
$w$	:	kecepatan angin rata-rata bulanan, dalam km/jam
$E_a$	:	Evapotranspirasi aktual (mm)
$E_p$	:	Evapotranspirasi potensial (mm)
$n$	:	Jumlah hari hujan
$m_1$	:	Prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditaksir dari tata guna lahan diambil 0% untuk lahan dengan hutan lebat,
$m_1$	:	diambil 0% pada akhir musim hujan, yang mana ditambah 10% setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder
$m_1$	:	10-40% untuk lahan yang terisolasi
$m_1$	:	20-50% untuk lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang, perkebunan)
$R$	:	Curah hujan (mm)
$SS$	:	presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi (mm)
	:	Nilainya positif jika $R > E_a$ , air masuk ke dalam tanah (mm)
	:	Nilainya positif jika $R < E_a$ , sebagian air

		tanah akan keluar sehingga terjadi defisit
Aliran permukaan (hujan lebat)	:	$R_F$ (faktor aliran hujan lebat) x curah hujan
SS	:	<i>soil storage</i> (mm)
WS	:	<i>Water surplus</i> (mm)
ISMS	:	<i>initial soil moisture storage</i> (mm) yang merupakan (tampungan kelembaban tanah awal)
SMS	:	<i>soil moisture storage</i> (mm) yang merupakan tampungan kelembaban tanah
SMS	:	$SMS = ISMS + (R - E_d)$
SMC	:	<i>soil moisture capacity</i>
	:	$SMC = 200 \text{ mm/bulan}$ , jika $R - E_d \geq 0$
	:	$SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (R - E_d)$ , jika $R - E_d < 0$
$Q_n$	:	debit yang tersedia bulan ke-n ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) atau stream flow
A	:	Luas DAS ( $\text{Km}^2$ )
$H_r$	:	Jumlah hari dalam bulan perhitungan

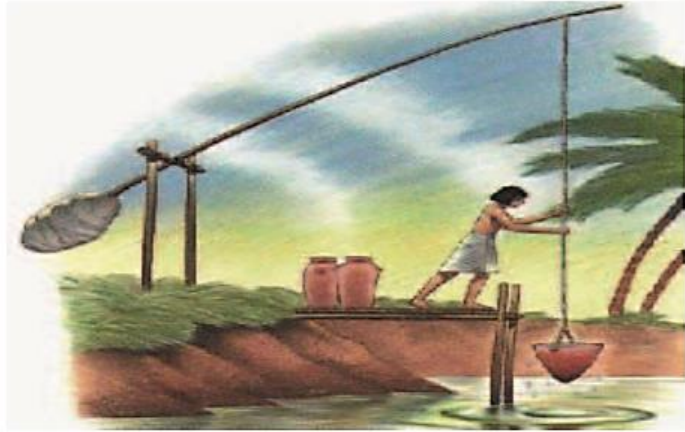


# **BAB I**

## **SEJARAH DAN PENGEMBANGAN IRIGASI DI INDONESIA**

### **1. Sejarah Irigasi Di Indonesia**

Irigasi sudah dikenal sejak zaman Mesir Kuno, yaitu dengan cara memanfaatkan Sungai Nil. Hal ini tertulis dalam surat Hammurabi yang mengungkapkan tentang seorang ratu Assyria Kuno, yang hidup kira-kira 2000 SM. Ratu Assyria sangat dihormati karena memimpin pemerintahannya dengan sangat bijaksana, salah satunya adalah dalam hal mengalihkan air sungai Nil untuk mengairi tanah padang pasir di Mesir. Di samping itu, Mesir mempunyai dam tertua di dunia, yang mempunyai panjang 108 meter, tinggi 12 meter, yang telah dibangun 5000 tahun yang lalu untuk menampung air minum dan irigasi. Daerah aliran irigasi yang diperkenalkan pada kira-kira 3000 SM masih tetap mempunyai peranan dalam pertanian di Mesir (Sulaksono A., 2009). Gambar 1.1 adalah ilustrasi gambaran tentang praktik irigasi di Mesir yang dinamakan Shadouf (Gad A., 2008).



Gambar 1.1 “**Shadouf**” Praktik irigasi di Mesir

Di Indonesia, irigasi tradisional telah berlangsung sejak nenek moyangnya. Hal ini dapat dilihat juga dari cara bercocok tanam pada masa kerajaan-kerajaan yang ada di Indonesia, yaitu dengan cara membendung sungai secara bergantian untuk dialirkan ke sawah. Cara lain adalah menemukan sumber air di pegunungan yang selanjutnya dialirkan menggunakan bambu yang disambung-sambung. Di samping itu, dilakukan juga dengan cara membawa ember yang terbuat dari daun pinang atau menimba dari sungai yang selanjutnya ember yang telah terisi air dialirkan ke sawah sehingga kebutuhan air untuk tanaman tercukupi.

Di Bali, irigasi sudah ada sebelum tahun 1343 M, hal ini terbukti dengan adanya sedahan (petugas yang melakukan koordinasi atas subak-subak dan mengurus pemungutan pajak atas tanah wilayahnya). Pengertian subak adalah “Suatu masyarakat hukum adat di Bali yang bersifat sosio-agraris-religijs yang secara historis tumbuh dan berkembang sebagai suatu organisasi di bidang tata guna air di tingkat usaha tani” (PP. 23 tahun 1982, tentang Irigasi).

Kata subak berasal dari kata “suwak” sedangkan wilayah subak pada masa lalu disebut “kasuwakan”. Kata “kasuwakan” ini tertulis pada prasasti: (1) Pandak Bandung yang dibuat oleh Raja Anak Wungsu pada tahun 1071 Masehi, (2) lima Banjar Celepik-Tojan Klungkung yang dibuat tahun Caka 994 atau tahun 1072 Masehi, (3) Pengotan Bangli, yang dibuat tahun Caka 846, dan (4) Bwahan Kintamani Bangli yang dibuat pada tahun Caka 916.

Dalam prasasti Pandak Bandung jelas disebutkan bahwa para petani di kesubakan Telaga pada saat itu, yaitu abad XI, yang mana pada setiap bulan ketiga dan kesembilan memulai bersiap-siap untuk mengerjakan sawah yang terlebih dahulu membuat tiga unit empangan

(“tembuku”). Dalam prasasti Banjar Celepik-Tojan secara jelas diuraikan bahwa pada hari-hari tertentu sejumlah penduduk (petani) menghadap Raja Anak Wungsu untuk menyampaikan kehendak yaitu untuk mengerjakan sawah yang terletak di subak Rawas. Secara rinci diuraikan pula berbagai hal seperti: pengaturan pajak yang harus dibayar, penetapan batas-batas subak, luas areal subak, termasuk penetapan sawah-sawah untuk dijadikan “pelaba pura”. Sawah yang dijadikan “pelaba” sepertiga hasilnya diserahkan kepada Raja sedangkan dua pertiga sisanya diserahkan kepada pengurus subak untuk kemudian dipakai untuk menyelenggarakan ritual keagamaan di subak.

Beberapa hal yang berkaitan dengan subak dicantumkan dalam beberapa prasasti yang memberikan gambaran bahwa ketika itu, yaitu sekitar 11 abad yang lalu telah ada sistem pertanian sawah di Bali. Sawah pada saat itu disebut “huma”. Organisasi subak yang keberadaannya seperti subak yang ada pada saat ini dipastikan sudah ada pada tahun 1071 M. Dengan kata lain, subak yang ada sekarang mulai berkembang sejak abad ke 11 atau sekitar 9 abad yang lalu. Prasasti sesungguhnya adalah sarana penuangan secara tertulis

berbagai hal penting sebagai bentuk dokumentasi ketika itu agar bisa diketahui oleh semua pihak dan tentunya pula dapat dipedomani. (I Nengah Artha, 2016).

Jumlah subak di Bali mengalami peningkatan sejak dahulu. Pada tahun 1971 tercatat sejumlah 1193 perkumpulan, pada tahun 1976 tercatat 1274 perkumpulan, dan kemudian pada tahun 1978 tercatat 1283 perkumpulan subak. Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali mencatat adanya 1733 perkumpulan subak dengan luas sawah kurang lebih 108.000 hektar, namun catatan dari kantor Sedahan diketahui bahwa jumlah subak adalah 1274 perkumpulan dengan luas sawah kira-kira 103.000 hektar. Dinas Kebudayaan Provinsi Daerah Tingkat I Bali pada tahun 1998 telah menginventarisasi subak di seluruh Bali, yang didapatkan jumlah subak adalah 1.506 perkumpulan. Data dari Biro Pusat Statistik (BPS) tahun 1985 menunjukkan bahwa luas sawah di Bali adalah 98.609 hektar (I Nengah Artha, 2016).

Pada masa penjajahan Belanda sistem irigasi sudah dikembangkan yaitu dalam upaya mendukung pelaksanaan kegiatan tanam paksa (*Cultuurstelsel*) yang dilaksanakan pada tahun 1830. Dalam kegiatan tanam paksa tersebut, pemerintah kolonial Belanda

mengupayakan agar semua lahan yang dibuat untuk persawahan maupun perkebunan harus menghasilkan panen yang optimal.

Sejarah irigasi di Indonesia dapat dibagi menjadi 5 periode yaitu: (1) masa sebelum penjajahan Belanda; (2) masa penjajahan Belanda; (3) masa revolusi atau pasca penjajahan Belanda; (4) masa orde baru; dan (5) masa reformasi atau pasca orde baru.

Irigasi sebelum masa penjajahan ditandai dengan wujud kegiatan berupa kekuatan kearifan lokal yang sangat tinggi. Teknologi dan kelembagaan lokal, sangat menentukan keberadaan sistem irigasi yang dibangun saat itu. Sistem irigasi yang ada, pada umumnya mempunyai skala irigasi untuk melayani sawah dengan luasan yang kecil dan terbatas; sehingga pada masa ini, pengelolanya hanya mengandalkan modal sosial dari masyarakat sendiri.

Pada masa penjajahan, pembangunan irigasi sudah mulai diintervensi untuk kepentingan pemerintah colonial Belanda. Pembangunan dan pengelolaan irigasi yang sebelumnya banyak dikelola oleh masyarakat, sebagian telah diambil alih pengelolannya oleh pemerintah colonial Belanda. Teknologi yang digunakan dan

kelembagaan pengelola juga sudah dikombinasikan antara kemampuan masyarakat lokal dengan teknologi dan kelembagaan yang dibawa oleh pemerintah kolonial Belanda. Konsekuensi yang terjadi adalah bahwa manajemen pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi merupakan kombinasi antara potensi modal sosial yang ada di masyarakat dengan kemampuan birokrasi pemerintah kolonial Belanda.

Pada masa revolusi atau pasca kolonial kegiatan irigasi tidak banyak yang dilakukan, karena pemerintahan saat itu masih memprioritaskan pembangunan politik yang diwarnai terjadinya polarisasi kekuatan politik internasional pasca perang dunia ke-2, serta suasana konfrontasi dengan negara tetangga yang terjadi pada saat itu. Dengan demikian, kondisi dan peran kapital sosial dalam pembangunan dan pengelolaan irigasi yang ada pada saat itu tidak banyak berbeda dengan masa colonial (Dawam Rahrdjo, 1989).

Pada masa Orde Baru, oleh sebagian pengamat disebut sebagai kebangkitan rezim pemerintah. Pada masa ini, ditandai dengan adanya kebangkitan peran pemerintah dalam memperkuat sektor pangan nasional; sehingga aspek pembangunan dan pembenahan secara

besar-besaran di bidang irigasi, banyak dilakukan oleh pemerintah. Pada masa ini, pemerintah berhasil menggantikan undang-undang pengairan versi pemerintah Kolonial, menjadi UU No. 11/1974 tentang Pengairan. Pemerintah pada saat ini sangat kuat dalam upaya meraih swa-sembada pangan/beras, maka kegiatan pengembangan dan pengelolaan irigasi banyak dilakukan. Pendekatan tersebut berakibat pada ditinggalkannya peranan masyarakat lokal dalam kegiatan keirigasian, bahkan banyak terjadi marjinalisasi terhadap modal sosial masyarakat. Pendekatan tersebut membawa pada konsekuensi ketidakjelasan peran masyarakat dalam kegiatan keirigasian, yang selanjutnya menjadikan masyarakat lokal pasif terhadap kegiatan irigasi.

Pada masa ini dapat juga dikatakan sebagai masa yang mana respon masyarakat terhadap sistem pembangunan dan pendekatan pembangunan yang totaliter dan sentralistis adalah apatis. Pada saat selanjutnya masyarakat menuntut adanya reformasi pelaksanaan dan pendekatan pembangunan, termasuk menuntut pemerintah melakukan regulasi ulang dalam berbagai sektor pembangunan. Dalam masa ini lahirlah undang-undang No. 7 tahun 2004 tentang Undang-



undang Sumber Daya Air, dan Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi. Pada masa kini rasanya tidak tepat untuk mengulang pendekatan pembangunan sebagaimana yang terjadi pada masa Orde Baru, yang mana pemerintah sangat mendominasi perencanaan dan pelaksanaan pembangunan.

Pada masa kini perlu dibangun suatu sistem dan mekanisme pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi yang memberi peran yang lebih nyata kepada masyarakat. Di samping itu, di masa sekarang perlu dijadikan masa kebangkitan kapital sosial masyarakat dalam sistem keirigasian Indonesia (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).

Dalam pasal 4, ayat (2), pada PP No. 20/2006 dikatakan bahwa pembangunan dan pengelolaan keirigasian diselenggarakan dengan sistem irigasi partisipatif. Begitu pula yang seharusnya dalam rangka mengembangkan kebijakan dalam hal "pembagian peran" dalam pengelolaan irigasi. Diperlukan konsistensi komitmen untuk mengembangkan pembagian peran dalam pengelolaan irigasi yang partisipatif.

## **2. Irigasi**

Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Penyediaan air irigasi adalah penentuan volume air per satuan waktu yang dialokasikan dari suatu sumber air untuk suatu daerah irigasi yang didasarkan waktu, jumlah, dan mutu sesuai dengan kebutuhan untuk menunjang pertanian dan keperluan lainnya. Pengaturan air irigasi adalah kegiatan yang meliputi pembagian, pemberian, dan penggunaan air irigasi. Pembagian air irigasi adalah kegiatan membagi air di bangunan bagi dalam jaringan primer dan/atau jaringan sekunder. Pemberian air irigasi adalah kegiatan menyalurkan air dengan jumlah tertentu dari jaringan primer atau jaringan sekunder ke petak tersier. Penggunaan air irigasi adalah kegiatan memanfaatkan air dari petak tersier untuk mengairi lahan pertanian pada saat diperlukan. Pembuangan air irigasi, selanjutnya disebut drainase, adalah pengaliran kelebihan air yang sudah tidak dipergunakan lagi pada suatu daerah irigasi tertentu.

Daerah irigasi adalah kesatuan lahan yang mendapat air dari satu jaringan irigasi. Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi. Jaringan irigasi primer adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri dari bangunan utama, saluran induk/primer, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi-sadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap. Jaringan irigasi sekunder adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri dari saluran sekunder, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagisadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap. Jaringan irigasi tersier adalah jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana pelayanan air irigasi dalam petak tersier yang terdiri dari saluran tersier, saluran kuarter dan saluran buang, boks tersier, boks kuarter, serta bangunan pelengkap.

Pembuangan air irigasi, selanjutnya disebut drainase, adalah pengaliran kelebihan air yang sudah tidak dipergunakan lagi pada suatu daerah irigasi tertentu. Aturan-aturan tentang drainase lahan pertanian adalah sebagai berikut, yaitu: (1) setiap pembangunan jaringan

irigasi dilengkapi dengan pembangunan jaringan drainase yang merupakan satu kesatuan dengan jaringan irigasi yang bersangkutan; (2) jaringan drainase sebagaimana berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air agar tidak mengganggu produktivitas lahan; (3) kelebihan air irigasi yang dialirkan melalui jaringan drainase harus dijaga mutunya dengan upaya pencegahan pencemaran agar memenuhi persyaratan mutu berdasarkan peraturan perundang-undangan; (4) Pemerintah, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/kota, perkumpulan petani pemakai air, dan masyarakat berkewajiban menjaga kelangsungan fungsi drainase; dan (5) setiap orang dilarang melakukan tindakan yang dapat mengganggu fungsi drainase. (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).

Setiap pembangunan jaringan irigasi dilengkapi dengan pembangunan jaringan drainase yang merupakan satu kesatuan dengan jaringan irigasi yang bersangkutan. Pada umumnya pembuang primer berupa sungai alamiah, yang kesemuanya akan diberi nama. Apabila ada saluran pembuang primer baru yang akan dibuat, maka saluran itu harus diberi nama tersendiri. Jika saluran pembuang dibagi menjadi ruas-ruas, maka masing-masing ruas akan

diberi nama, mulai dari ujung hilir. Pembuang sekunder pada umumnya berupa sungai atau anak sungai yang lebih kecil. Beberapa di antaranya sudah mempunyai nama yang tetap bisa dipakai, jika tidak sungai atau anak sungai tersebut akan ditunjukkan dengan sebuah huruf bersama-sama dengan nomor seri. Nama-nama ini akan diawali dengan huruf d (d= drainase). Pembuang tersier adalah pembuang kategori terkecil dan akan dibagi menjadi ruas-ruas dengan debit seragam, dan masing-masing diberi nomor. Masing-masing petak tersier akan mempunyai nomor seri sendiri-sendiri. (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013).

### **3. Potensi dan tantangan irigasi di Indonesia**

Sarana irigasi merupakan faktor input yang dapat memengaruhi produksi pangan. Hasil penelitian Damayanti (2012) di Kabupaten Parigi Moutong mengungkapkan bahwa irigasi dapat meningkatkan produksi usaha tani padi sawah sebesar 3,98 %. Selain itu irigasi juga dapat meningkatkan pendapatan usaha tani sebesar 1,44 %. Pada masa yang akan datang, upaya untuk peningkatan produksi pertanian dan pendapatan petani akan semakin terkendala oleh kelangkaan air irigasi.

Selain disebabkan meningkatnya kompetisi penggunaan air antar sektor perekonomian, meningkatnya kelangkaan itu juga berkaitan dengan adanya degradasi fungsi jaringan irigasi (Sumaryanto. 2006).

Fenomena perubahan iklim akhir-akhir ini juga berpengaruh terhadap degradasi fungsi irigasi. Data dari Ditjen SDA (2015) menunjukkan kerusakan jaringan irigasi sampai dengan tahun 2014 di Indonesia mencapai lebih 50 %, walaupun rehabilitasi sarana irigasi terus dilakukan, namun belum signifikan mengatasi kerusakan tersebut. Untuk mendukung pencapaian swasembada pangan dan keberlanjutannya, pemerintah memutuskan pada periode 2015 – 2019 akan melakukan rehabilitasi dan membangun infrastruktur irigasi secara masif (Sumaryanto et al. 2016).

Pasandaran (2007) mengungkapkan bahwa pembangunan irigasi di Indonesia telah berlangsung ribuan tahun. Namun demikian pengembangan jaringan irigasi relatif terbatas, bahkan fungsi air irigasi menurun pemanfaatannya akibat dari laju kerusakan jaringan irigasi lebih cepat dari laju perbaikan atau rehabilitasinya (Rivai et al. 2013). Dalam rangka upaya khusus (Upsus) peningkatan produksi pangan strategis, maka pemerintah

dalam 2 tahun terakhir (2015 dan 2016) telah melakukan rehabilitasi jaringan irigasi dengan realisasi sekitar 3,05 juta hektar sawah yang menyebar di seluruh wilayah pertanian di Indonesia. Terdapat periode-periode tertentu yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan infrastruktur irigasi untuk dapat dijadikan pelajaran pada masa yang akan datang (Pasandaran, 2007). Dikemukakan lebih lanjut bahwa perkembangan pembangunan dan pengelolaan infrastruktur irigasi dari perspektif sejarah sangat erat kaitannya dengan ketahanan pangan nasional.

Usaha yang berkelanjutan untuk meningkatkan produksi beras masih harus terus dilakukan sebagai persyaratan untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat yang antara lain disebabkan oleh peningkatan konsumsi per kapita per tahun. Di samping itu, penambahan penduduk dan penyusutan lahan sawah beririgasi akibat beralih fungsi menjadi lahan pemukiman, industri dan lainnya.

Peningkatan produksi pertanian tanaman pangan, khususnya beras dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu usaha intensifikasi atau peningkatan produktivitas lahan dan ekstensifikasi. Upaya ekstensifikasi berupa perluasan areal dan areal tanam. Upaya peningkatan areal

dan areal tanam dapat dilakukan melalui program perluasan areal sawah dengan pencetakan sawah baru serta peningkatan intensitas tanam. Langkah-langkah tersebut di atas memerlukan dukungan penyediaan air irigasi yang memadai.

Program intensifikasi seperti Intensifikasi Massal (Inmas) yang dilaksanakan sejak tahun 1969, Intensifikasi Khusus (Insus) sejak tahun 1980, dan Supra-Insus sejak 1987. Program Supra-Insus adalah program intensifikasi yang sampai sekarang masih dijalankan, akan tetapi peningkatan produksi padi lebih lanjut tidak dapat diharapkan terlalu banyak dari program-program intensifikasi tersebut, terutama di Pulau Jawa. Lahan di Jawa pada saat ini sudah hampir seluruhnya diusahakan, dan tingkat teknologi untuk menghasilkan padi sudah demikian tinggi, yang berarti bahwa peningkatan produksi secara besar-besaran di Pulau Jawa mempunyai kemungkinan yang sangat kecil.

Peningkatan produksi beras untuk mencapai serta mempertahankan swasembada pangan tergantung sebagian besar pada pengembangan irigasi, terutama di pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi dan Kalimantan. Beberapa kawasan Indonesia bagian Barat (Sumatera,



Kalimantan), mempunyai kondisi iklim yang cukup mendukung untuk usaha perluasan padi sawah konvensional maupun dengan reklamasi daerah rawa dan pasang surut. Kawasan Timur Indonesia, kecuali Sulawesi pada umumnya mempunyai keadaan iklim yang tidak terlalu mendukung perluasan sawah beririgasi seperti halnya di Jawa atau Indonesia bagian Barat lainnya. Kawasan Timur Indonesia pada umumnya mempunyai curah hujan kurang, serta kebiasaan penduduk yang secara tradisional tidak bertani sawah. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem perluasan areal pertanian yang berbeda, yang mana kawasan timur lebih terarah kepada tanaman yang tidak banyak memerlukan air. Pertanian padi (sawah) merupakan suatu usaha tani yang penuh resiko (puso, gagal panen, dan sebagainya) serta bukan merupakan tanaman yang bernilai ekonomis tinggi jika dibandingkan dengan beberapa tanaman palawija tertentu, tanaman hortikultura atau tanaman perkebunan. Dengan demikian perluasan lahan sawah di Kawasan Indonesia Timur tidak terlalu memberikan harapan.

Berdasarkan studi yang dilakukan Nippon Koei Co., Ltd. (1993), berdasarkan asumsi bahwa kemungkinan pengembangan daerah irigasi dibatasi oleh faktor lahan, maka di Indonesia dimungkinkan pengembangan areal irigasi dengan total lahan potensial seluas 13,836 juta ha dengan rincian yaitu: (1) sawah tadah hujan 1,496 juta ha; (2) sesuai untuk irigasi 2,432 juta ha; (3) sesuai untuk irigasi dengan persyaratan tertentu 1,791 juta ha; dan (4) sesuai secara marginal 8,117 juta ha. Kemungkinan pengembangan daerah irigasi di Indonesia dilihat dari segi potensi air menurut proyeksi sampai tahun 2020 diperkirakan seperti Tabel 1.1.

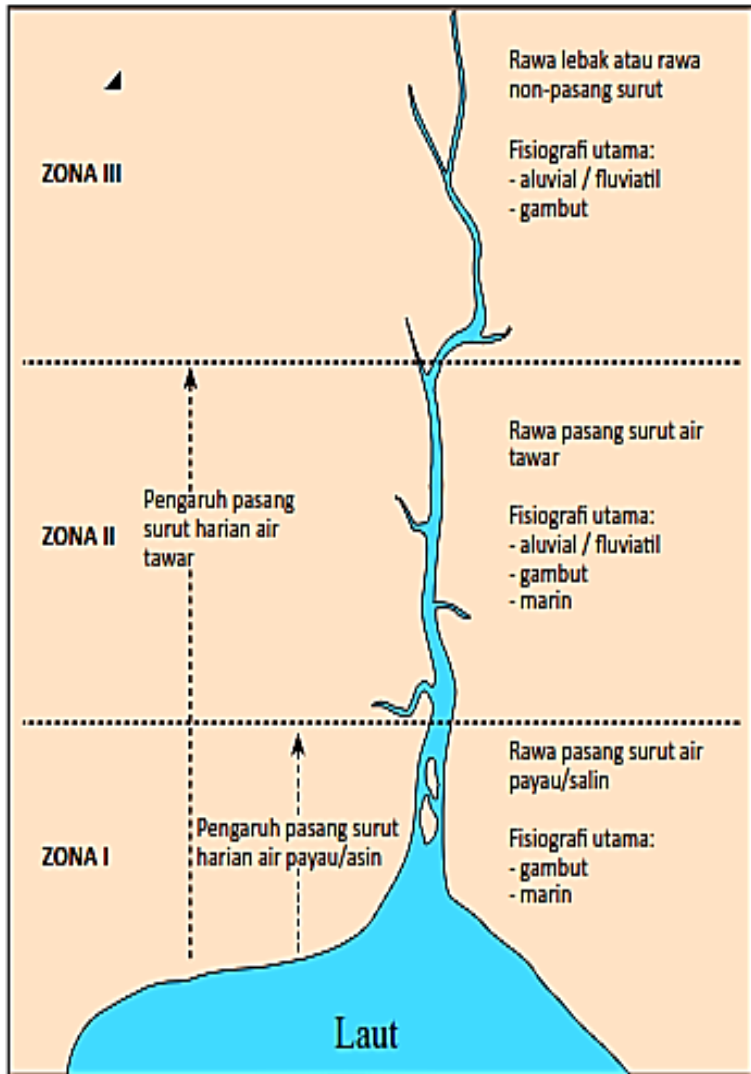
Tabel 1.1 Potensi air dan pengembangan irigasi di Indonesia

Tahun	Potensi Air (ha)	Potensi Pengembangan (ha)
1990	42.148.000	10.944.000
1995	42.115.000	10.934.000
2000	42.053.000	10.913.000
2005	42.012.000	10.901.000
2010	41.960.000	10.887.000
2015	41.928.000	10.879.000
2020	41.872.000	10.865.000

Sumber: Nippon Koei Co., Ltd., 1993.

Pembangunan pertanian secara ekstensifikasi dapat dikatakan cukup berhasil, akan tetapi masalah pangan terutama beras belum dapat diatasi secara menyeluruh dan berkelanjutan (*sustainable*). Tanah-tanah di dataran empat pulau besar di luar Jawa, yaitu Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya yang mempunyai potensi untuk pengembangan daerah pertanian, pada umumnya didominasi oleh tanah Organosol, Alluvial, Latosol dan Podsolik Merah Kuning. Tanah Latosol dan Podsolik Merah Kuning telah banyak dimanfaatkan untuk lahan pertanian, sedangkan tanah Organosol dan Alluvial yang mempunyai luas masing-masing 24 juta dan 19 juta hektar belum banyak dimanfaatkan.

Harapan besar dalam pengembangan diantara tanah Organosol dan Alluvial tersebut adalah lahan rawa dan pasang surut, yang telah mulai dihuni oleh penduduk secara spontan. Pengembangan dan Pengelolaan Daerah Rawa adalah salah satu dari lima Program Pokok Pembangunan Pengairan dalam Pelita VI dalam rangka peningkatan produktivitas dan pendapatan penduduk pedesaan melalui penyediaan lahan untuk pertanian dan perikanan darat.



Gambar 1.2 Pembagian zona pada bentang lahan rawa didasarkan pada pengaruh kekuatan pasang dan jangkauan intrusi air laut  
 (Sumber: Badan Litbang Pertanian, 2013)

Di Indonesia lahan rawa secara umum dibagi atas dua bagian, yaitu lahan rawa pasang surut dan lahan rawa non-pasang surut atau lebak. Berdasarkan keadaan hidro topografinya. daerah rawa pasang surut dibagi atas daerah pasang surut langsung dan daerah pasang surut tidak langsung. Lahan rawa lebak terdapat di pedalaman, berada pada lembah datar sehingga hampir sepanjang tahun tergenang air. Keadaan air di lebak ini tergantung pada banyaknya curah hujan, dan kering pada saat kemarau panjang.

Peraturan Pemerintah No. 73 Tahun 2013 mendefinisikan rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi yang merupakan suatu ekosistem. Rawa sebagai sumber daya alam terdiri dari unsur sumber daya air, sumber daya lahan, dan sumber daya hayati. Rawa mempunyai karakter yang sangat beragam yang dipengaruhi oleh aspek geomorfologi, pola genangan, dan fluktuasi pasang surutnya (Pakpahan D., Suripin, dan Sangkawati S. S., 2014).

Rawa Lebak menurut Noor, M (2007) adalah wilayah daratan yang mempunyai genangan hampir sepanjang tahun minimal selama tiga bulan dengan tinggi genangan minimal 50 cm. Pemanfaatan rawa untuk pengembangan pertanian diistilahkan sebagai lahan rawa lebak. Rawa lebak menurut Mac Kinnon, et al. (2000) adalah sebagai danau-danau dataran banjir yang mempunyai dasar lebih luas dari sungai umumnya dan selalu mendapatkan luapan air (banjir) dari sungai-sungai besar sekitarnya. Genangan pada rawa lebak terjadi juga akibat curah hujan dan banjir kiriman yang terjadi dari sekitarnya, bersifat ladung (*stagnant*) apabila mengalir maka kecepatannya sangat kecil.



Gambar 1.3 Irigasi rawa lebak

Lahan rawa lebak merupakan rawa yang terdapat di kiri dan kanan sungai besar dan anak-anaknya, dengan topografi datar, tergenang air pada musim penghujan, dan kering pada musim kemarau. Pemanfaatan lahan rawa lebak khususnya lebak pematang atau dangkal mempunyai kendala, yaitu hingga sekarang lahan baru dapat dipergunakan pada keadaan air macak-macak sampai dengan ketinggian air lebih kurang 30 cm, lahan tersebut ditanami padi sedangkan pada kondisi kering lebih banyak tidak ditanami, dengan kondisi demikian lahan tersebut hanya dapat ditanami satu kali tanam dalam satu tahun.

Luas lahan rawa lebak di Indonesia yang potensial diperkirakan mencapai 13,3 juta hektar, yang terdiri dari 4,2 juta hektar rawa lebak dangkal, 6,07 hektar lahan rawa lebak tengahan, dan 3,0 hektar lahan rawa lebak dalam dan tersebar di Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, dan Pulau Irian Jaya. Penyebaran lahan rawa lebak yang terluas berada di Sumatera, yaitu sekitar 3.440.000 hektar dan yang dinyatakan sesuai untuk lahan pertanian adalah 1.152.404 hektar (Djamhari S., 2009).

Tujuan pengembangan lahan rawa melalui reklamasi (Suhardjono dkk., 2010) adalah: (1) pengembangan produktifitas pangan khususnya beras; (2) memperluas lahan persawahan yang sudah semakin berkurang; (3) menyediakan lahan pertanian dan meningkatkan pendapatan bagi para transmigran; (4) menunjang pengembangan wilayah produktif serta meningkatkan penghasilan petani; dan (5) Mendukung program ketahanan dan keamanan terutama di daerah pesisir serta perbatasan.



Gambar 1.4 Visualisasi daerah rawa lebak  
(Ully S. E. P. dan Andoyo W., 2016)



Konsep pengembangan lahan rawa dilakukan secara bertahap dalam rangka pengembangan sumber daya air di Indonesia dengan fungsi budidaya. Kriteria pengembangan lahan rawa sebagai kawasan budidaya adalah: (1) kawasan yang secara teknis dapat dimanfaatkan sebagai kawasan budidaya; (2) kawasan yang dapat meningkatkan perkembangan pembangunan lintas sektor dan sub sektor kegiatan ekonomi sekitarnya; (3) kawasan yang apabila digunakan untuk budidaya akan meningkatkan pendapatan nasional dan daerah; dan (4) kawasan yang apabila digunakan untuk budidaya tidak mengganggu fungsi lindung dan pelestarian sumber daya alam (Dit Rawa dan Pantai, 2008).

Hidrologi lahan rawa lebak cocok untuk tanaman padi, oleh sebab itu padi merupakan salah satu komponen utama dalam sistem usaha tani masyarakat lahan rawa lebak. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan varietas unggul, padi di lahan lebak dapat mencapai 5,0 – 7,0 ton gabah kering panen per hektar, sehingga prospeknya sangat baik dalam meningkatkan produksi serta pendapatan petani melalui pengembangan sistem usahatani terpadu, (Waluyo dan Supartha, 1994).

Pengembangan pertanian di lahan rawa lebak tersebut, merupakan langkah strategis dalam upaya pemanfaatan potensi sumber daya alam secara optimal untuk mengimbangi penciptaan lahan pertanian di Jawa, pemerataan pembangunan antar wilayah, peningkatan produktivitas dan taraf hidup masyarakat. Selain itu, dengan basis usaha pertanian tanaman pangan, maka pembangunan pertanian di lahan lebak akan memberikan sumbangan yang besar terhadap peningkatan produksi pangan khususnya padi.

Berdasarkan kondisi alami serta lingkungannya, maka pemanfaatan daerah rawa tersebut memerlukan penggunaan dan penerapan teknologi yang spesifik. Oleh karena itu, daerah rawa dapat dikembangkan dan dimanfaatkan untuk daerah pertanian dan pemukiman transmigrasi.

Menurut Direktorat Rawa dan Pantai (2006) luas lahan rawa potensial yang sudah dibuka atau direklamasi mencapai 3.767.571 hektar, diantaranya rawa pasang surut seluas 2.883.814 hektar dan rawa lebak seluas 962.757 hektar. Sementara yang belum direklamasi tersisa 7.075.794 hektar, diantaranya 5.701.894 hektar rawa pasang surut dan 1.373.900 hektar rawa lebak yang

sebagian besar berada di Papua. Peran masyarakat setempat cukup besar dalam pembukaan lahan rawa secara swadaya baik di rawa pasang surut yang mencapai 1.400.713 hektar (48,57%) maupun rawa lebak yang mencapai 578.045 hektar (60%).

Luas lahan rawa yang telah direklamasi dan yang sudah dimanfaatkan baru mencapai 2.440.789 hektar dan yang belum dimanfaatkan 1.335.782 hektar. Lahan rawa yang dimanfaatkan masing-masing menjadi sawah tercatat sekitar 830.439 hektar rawa pasang surut dan 351.325 hektar rawa lebak; kebun sekitar 357.662 hektar rawa pasang surut dan 141.256 hektar rawa lebak; tambak 437.035 hektar rawa pasang surut dan 4.297 hektar rawa lebak; dan lainnya untuk pemukiman, jalan dan sebagainya seluas 242.446 hektar rawa pasang surut dan 78.399 hektar rawa lebak (Tabel 1.2 dan 1.3).

Tabel 1.2. Luas rawa pasang surut potensial yang sudah dan belum dimanfaatkan, 2006

Pulau	Rawa pasang surut (ha)					Belum dimanfaatkan	Jumlah (ha)
	Pemanfaatan						
	Sawah	Kebun	Tambak	Lainnya	Jumlah		
Kalimantan	333.601	39.879	33.361	85.004	491.845	562.363	1.054.208
Sumatera	485.679	317.533	168.744	142.520	1.114.476	323.871	1.438.347
Sulawesi	2.504	250	138.281	14.922	155.957	27.670	183.627
Papua	8.655	-	-	-	8.655	-	8.655
Jawa	-	-	96.649	-	96.649	54.328	150.977
<b>Jumlah</b>	<b>830.439</b>	<b>357.662</b>	<b>437.035</b>	<b>242.446</b>	<b>1.867.382</b>	<b>968.232</b>	<b>2.835.814</b>

Tabel 1.3. Luas rawa lebak potensial yang sudah dan belum dimanfaatkan, 2006

Pulau	Rawa lebak (ha)					Belum dimanfaatkan	Jumlah (ha)
	Pemanfaatan						
	Sawah	Kebun	Tambak	Lainnya	Jumlah		
Kalimantan	115.343	34.332	-	22.782	172.457	240.420	412.887
Sumatera	176.852	105.024	4.297	47.799	333.972	124.810	457.782
Sulawesi	20.818	1.900	-	6.788	29.506	19.610	49.116
Papua	1.320	-	-	1.030	2.350	2.710	5.060
Jawa	36.992	-	-	-	36.992	-	36.992
<b>Jumlah</b>	<b>351.325</b>	<b>141.256</b>	<b>4.297</b>	<b>78.399</b>	<b>575.277</b>	<b>387.550</b>	<b>962.827</b>

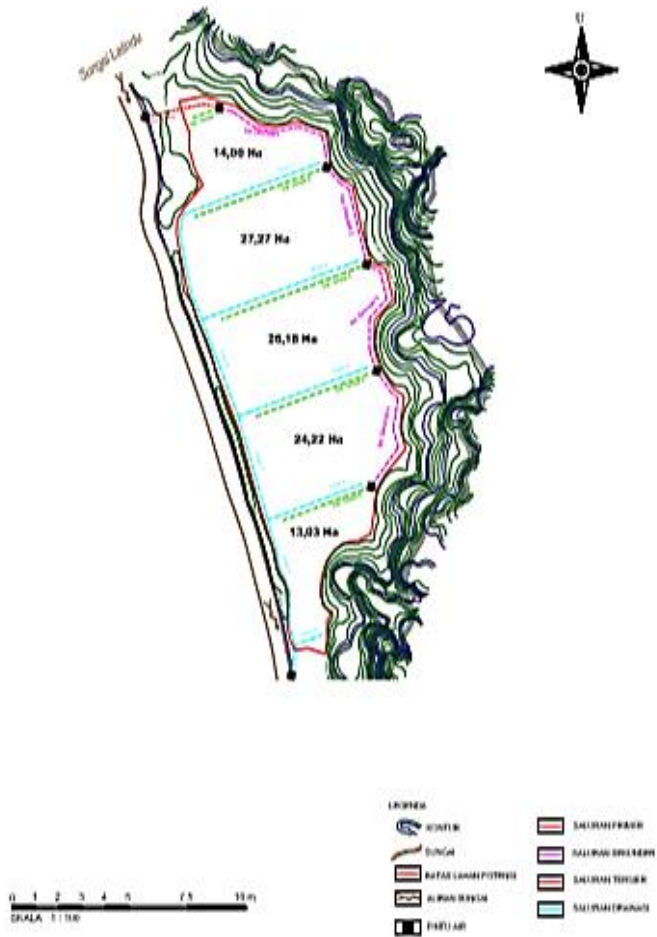
Dalam mengatasi fluktuasi air yang terjadi pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau, penerapan teknologi pengelolaan air adalah solusi yang dapat dipakai. Teknologi pengelolaan air intinya membuang air bila kelebihan dan mengairi air bila kekurangan sehingga kebutuhan air akan selalu terpenuhi dari saat penanaman hingga menjelang panen atau bahkan setelah panen dapat ditanam kembali hingga masa tanam dapat diperpanjang menjadi tiga kali tanam dalam satu tahun (IP 300%).

Teknologi pengelolaan air dimaksudkan untuk dapat memanfaatkan air seoptimal mungkin dengan cara mengatur air apabila pada musim penghujan lahan tidak dipengaruhi dari luapan air sungai dan pada waktu kering air dapat dimasukkan kedalam untuk mengairi lahan persawahan. Untuk menjadikan kondisi tersebut di atas maka bentuk persawahan dibuat sistem surjan. Pada persawahan surjan akan terbentuk tanggul (guludan) keliling yang fungsinya untuk menahan air dari luar pada waktu musim penghujan dan sawah dapat diairi

pada musim kemarau. Selain dibuat tanggul dibuat juga saluran antara petak sawah satu dengan petak sawah yang lain, pintu air terbuat dari paralon yang dapat diturunkan apabila air di dalam sawah kurang sedangkan air di luar lebih tinggi maka air akan mengalir ke sawah dan sebaliknya apabila kelebihan air di dalam sawah maka akan dapat dibuang, paralon ditegakkan yang tingginya melebihi tanggul untuk menahan genangan air dari luar.

Pembuatan tanggul diperoleh dengan cara memindahkan tanah sekitarnya, tanah yang diambil berfungsi sebagai saluran dari sungai menuju sawah surjan. Tanggul/tabukan dapat ditanami dengan tanaman padi gogo, palawija, sayuran, dan bahkan tanaman tahunan yang bernilai ekonomis. Pengelolaan air secara terkendali dibantu dengan pompa-pompa pengairan yang bertenaga diesel yang diletakkan di tanggul. Tinggi tanggul dibuat berdasarkan informasi dari petani di lokasi penelitian dan petugas pertanian lapangan (PPL), informasi menyatakan bahwa rata-rata tinggi genangan ( $\pm 75$  cm) pada musim hujan, kemudian

untuk lebih amannya tinggi tanggul ditambah 50 cm menjadi 125 cm, penambahan tinggi tanggul dimaksudkan untuk menghindari adanya pemadatan/penyusutan tanah ke bawah dan menghindari genangan rata-rata pada musim hujan. Pada Gambar 1.5 disajikan lay out tata Air Rawa Lasolo Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara.



Gambar 1.5 *Lay out* tata Air Rawa Lasolo Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara (Syahreza F. P. ,Suhardjono dan Sholichin M., 2014)



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013. *Atlas Lahan Gambut Terdegradasi Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Damayanti, L. 2012. *Pengaruh irigasi terhadap kesempatan kerja, kemiskinan dan ketahanan pangan rumah tangga tani di Daerah Irigasi Parigi Moutong*. Desertasi. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2015). *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Sumber Daya Air 2015-2019*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2013. *Irigasi dan Drainase*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Direktorat Rawa dan Pantai. 2006. *Pengembangan Daerah Rawa*. 172 hal. Direktorat Rawa dan Pantai, Dirjen Sumber Daya Air. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

- Ferdy Syahreza Putra, Suhardjono, Moh. Sholichin. 2014. *Studi Perencanaan Tata Air Rawa Lasolo Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara*. Skripsi. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
- Gad Abdallah. 2008. *Water culture in Egypt*. Bari: Ciheam, Halaman. 85-96.
- Haryono Muhammad, Noor Haris Syahbuddin, Muhrizal Sarwani. 2013. *Lahan Rawa Penelitian dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- I Nengah Artha. 2016. *Struktur Organisasi Sistem Subak Di Bali*. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana 2016. Bali.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2008. *Pengelolaan Rawa di Indonesia*. Direktorat Rawa Pantai. Buku, 278 halaman.
- Mac Kinnon, K., Hatta, M., Gt., Halim, H., Mangalik, A. 2000. *Ekologi Kalimantan*. Prenhallindo. Jakarta.
- Nippon Koei, Co., Ltd. 1993. *The Study for Formulation of Irrigation Development Programme of Indonesia (FIDP)*. Departemen PU dan BAPPENAS. Jakarta.

- Noor, M. 2007. *Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan dan Pengembangannya*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Pakpahan D., Suripin, dan Sangkawati S. S. 2014. Kajian Optimalisasi Sistem Irigasi Rawa (Studi Kasus Daerah Rawa Semangga Kabupaten Merauke Propinsi Papua). *Media Komunikasi Teknik Sipil*. Volume 20, No 2, Desember 2014.
- Pasandaran E. 2007. Pengelolaan infrastruktur irigasi dalam kerangka ketahanan pangan nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 5(2): 126-149.
- Peraturan Pemerintah. No. 23 tahun 1982. Irigasi. *Tentang Pelaksanaan kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi meliputi saluran dan bangunan*. Jakarta.
- Rahardjo, M. Dawam. 1989. *Pembangunan Sektor Pertanian di Indonesia Dari Zaman Revolusi sampai dengan Orde Baru*. Prisma-LP3ES, No.8/Tahun 1989.
- Rivai, RS, Supriadi H, Suhaeti RN, Prasetyo B, Purwantini TB . 2013. *Kajian pengembangan irigasi berbasis investasi masyarakat pada agroekosistem lahan tadah hujan*. Laporan penelitian. Bogor (ID): Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.

- Sudaryanto Djamhari. 2009. Penerapan Teknologi Pengelolaan Air Di Rawa Lebak Sebagai Usaha Peningkatan Indeks Tanam Di Kabupaten Muara Enim. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*. Vol. 4. Nomor 1. Jakarta, 2009.
- Suhardjono, Prasetyorini L., dan Haribowo R. 2010. *Reklamasi Daerah Rawa untuk Pengembangan Persawahan*. CV. Citra Malang, Malang.
- Sulaksono A. 2009. *peranan irigasi dalam perekonomian indonesia (analisis input-output)*. Tesis Program Magister Perencanaan Dan Kebijakan Publik, UI Jakarta.
- Sumaryanto, Pranadji T, Syahyuti, Supriyatna Y, Suryadi M. 2016. *Studi kebijakan sistem pengelolaan irigasi mendukung pencapaian dan keberlanjutan swasembada pangan. Laporan Penelitian*. Bogor (ID): Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.
- Sumaryanto. 2006. Peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi melalui penerapan iuran irigasi berbasis nilai ekonomi air irigasi. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 24(2):77-91.

Ully S. E. P. dan Andoyo W. 2016. Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Irigasi Rawa. *Reka Racana, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. Vol 2, No. 1.

Waluyo dan I.W. Supartha. 1994. *Verifikasi penelitian sistem usahatani di lahan rawa lebak*. Laporan tahunan hasil penelitian Proyek ISDP Kayu Agung Departemen Pertanian. 1994.

## **BAB II**

# **HUBUNGAN ANTARA AIR TANAH, UDARA, DAN TANAMAN**

### **1. Jumlah dan Peran Air di dalam Tanaman**

Air merupakan kebutuhan yang mutlak bagi makhluk hidup. Khususnya bagi manusia, setiap hari harus tersedia air bersih dengan jumlah yang cukup untuk berbagai keperluan, antara lain rumah tangga, pertanian dan hewan ternak. Di beberapa daerah kebutuhan akan air ini bisa tercukupi oleh karena tersedianya sumber-sumber air yang mudah didapat baik berupa sumur, sungai, kolam-kolam maupun sumber mata air. Di daerah lainnya, air hanya bisa didapat dari sumber air yang terbatas terutama pada waktu musim kemarau. Hal ini akan menimbulkan masalah/kesulitan bagi lingkungan kehidupan manusia (Idkham, 2005).

Air merupakan salah satu komponen penting yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, berkembang dan bereproduksi. Air yang dapat diserap tanaman adalah air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran. Penyerapan air oleh tanaman dikendalikan oleh beberapa hal misalnya: kebutuhan untuk transpirasi,

kerapatan serial total panjang akar, dan kandungan air tanah di lapisan jelajah akar tanaman.

Sebagian besar air yang diabsorpsi oleh tanaman dikeluarkan lagi ke atmosfer melalui proses transpirasi. Dalam budidaya tanaman di lapangan, kehilangan air dari tanah di samping terjadi melalui proses transpirasi, juga lewat permukaan tanah yang disebut evaporasi. Proses transpirasi dan evaporasi terjadi secara bersamaan yang sulit untuk dipisahkan satu dengan yang lain. Evaporasi dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama temperatur, radiasi, dan kecepatan angin, serta kandungan air tanah. Kandungan air tanah akan turun karena terjadinya evaporasi, maka selanjutnya kecepatan evaporasi juga akan turun (Islami dan Utomo. 1995).

Tanah dan air merupakan sumberdaya yang paling dasar yang dimiliki oleh manusia. Tanah merupakan media utama yang mana manusia bisa mendapatkan bahan pangan, sandang, papan, tambang dan tempat dilaksanakannya berbagai aktifitas. Tanah dapat dipandang sebagai kombinasi antara partikel mineral dan organik dengan berbagai ukuran dan komposisi. Partikel-partikel tersebut menempati kurang lebih 50 % volume, sedangkan sisanya, yang berupa pori-pori diisi oleh air dan

udara. Salah satu fungsi tanah yang terpenting adalah tempat tumbuhnya tanaman. Akar tanaman didalam tanah menyerap kebutuhan utama tumbuhan, yaitu air nutrisi dan oksigen (Suripin, 2004).

Air merupakan komponen utama tubuh tanaman, bahkan hampir 90 % sel-sel tanaman dan mikrobia terdiri dari air. Air yang diserap tanaman di samping berfungsi sebagai komponen sel-selnya, juga berfungsi sebagai media reaksi di hampir seluruh proses metabolismenya yang apabila telah terpakai diupayakan kembali melalui mekanisme transpirasi, yang bersama sama dengan penguapan tanah sekitarnya (evaporasi) yang disebut evapotranspirasi. Dalam memproduksi biomassa sangat banyak dibutuhkan air, yang tergantung pada jenis tanaman.

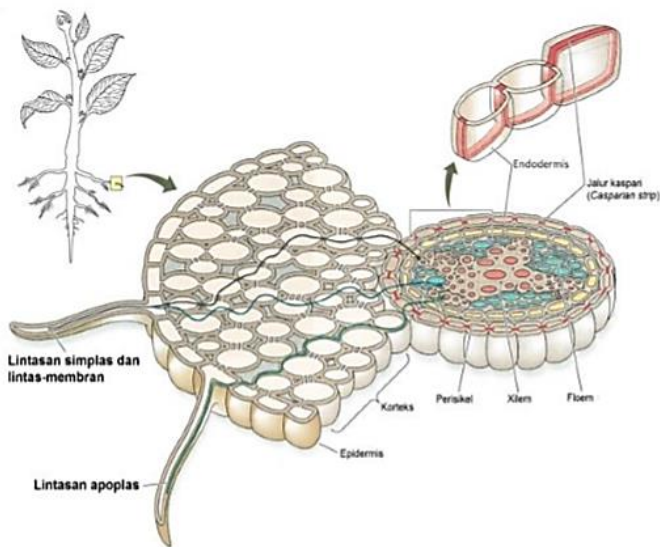
Di dalam tanah, air berada di dalam ruang pori diantara padatan tanah. Jika tanah dalam keadaan jenuh air, semua ruang pori tanah terisi oleh air. Dalam keadaan ini jumlah air yang disimpan di dalam tanah merupakan jumlah air maksimum yang disebut kapasitas penyimpanan air maksimum. Di dalam tanah, air dapat bertahan tetap berada di ruang pori karena adanya berbagai gaya yang bekerja. Gaya-gaya yang menahan air



sehingga dapat bertahan dalam rongga pori berasal dari adsorpsi molekul air oleh padatan tanah, gaya tarik menarik antar molekul air, adanya larutan garam dan gaya kapiler (Islami dan Utomo, 1995). Di dalam tanah air dapat berpindah dan bergerak di lapisan tanah pada elevasi dan suhu yang sama, hal ini terjadi karena adanya tarikan air oleh partikel tanah yang dikenal dengan potensial matriks atau gaya kapiler. Dua jenis tanah atau lebih yang memiliki kandungan air yang sama akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berbeda yang diakibatkan oleh karena adanya gaya potensial tanah, hal ini menunjukkan bahwa penyebaran air dalam tanah juga mempengaruhi jumlah air yang tersedia bagi tanaman (Islami dan Utomo, 1995).

Pada tanah yang berbeda, aliran pergerakan air yang masuk ke dalam tanah memiliki pola yang berbeda juga, hal ini dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik tanah dan juga kerapatan dari pertumbuhan akar tanaman yang mengikat agregat tanah tersebut (Hansen, dkk, 1992). Jenis tanaman berbeda akan berbeda pula pertumbuhan dan penyebaran perakarannya yang pada gilirannya akan mempengaruhi penyebaran air dalam tanah.

Pengetahuan tentang penyebaran air di daerah perakaran cukup penting sebagai salah satu pertimbangan dalam memberikan irigasi. Pengetahuan tentang penyebaran air di daerah perakaran tanaman adalah penting, karena terkait dengan efisien rigasi. Efisiensi irigasi dapat diketahui dengan meninjau pergerakan air di dalam tanah, laju evapotranspirasi tanaman, pengaruh jenis tanaman dan jenis tanah, dan perkolasi tanah.



Gambar 2.1 Jalur masuknya air ke dalam jaringan akar tumbuhan  
(Sumber: Taiz dan Zeige: *Plant Physiology*: 2003)

Jumlah air di dalam tanaman berkisar antara 80-90 % dari berat kering tanaman. Persentase ini akan menjadi lebih besar lagi terutama pada saat bagian-bagian tanaman yang sedang aktif itu tumbuh (Williams dan Joseph, 1973 dalam Harwati, 2007). Air sangat dibutuhkan pada tanaman karena merupakan bahan penyusun utama dari pada protoplasma sel. Di samping itu, air adalah komponen utama dalam proses fotosintesis. Pengangkutan asimilasi hasil proses ini ke bagian-bagian tanaman hanya dimungkinkan melalui gerakan air dalam tanaman. Oleh karena itu jumlah pemakaian air oleh tanaman akan berkorelasi positif dengan produksi biomasa tanaman. Sebagian kecil dari air yang diserap akan menguap melalui stomata atau melalui proses transpirasi (Dwidjoseputro, 1984 dalam Harwati, 2007).

Dalam fisiologi tumbuhan, air merupakan hal yang sangat penting. Peranan air dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, yaitu: (1) air merupakan bahan penyusun utama dari pada protoplasma. Kandungan air yang tinggi aktivitas fisiologis tinggi sedang kandungan air rendah aktivitas fisiologisnya juga rendah; (2) air merupakan *reagen* dalam tubuh tanaman, yaitu pada proses fotosintesis; (3) air merupakan pelarut substansi

(bahan-bahan) pada berbagai hal dalam reaksi-reaksi kimia; (4) Air digunakan untuk memelihara tekanan *turgor*; (5) Sebagai pendorong proses respirasi, sehingga penyediaan tenaga meningkat dan tenaga ini digunakan untuk pertumbuhan; dan (6) Secara tidak langsung dapat memelihara suhu tanaman (Harwati, 2007).

Pada tanaman, air diserap oleh akar. Penyerapan air (*water absorption*) oleh akar ini sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yaitu air yang tersedia dalam tanah, temperature tanah, aerasi tanah dan konsentrasi larutan tanah. Air yang bisa diserap oleh akar disebut juga sebagai air kapiler yaitu air yang terdapat di dalam pori mikro tanah, melapisi butiran tanah, diikat longgar oleh partikel tanah dan dapat dilepaskan oleh perakaran; sedangkan jenis air lainnya yaitu air gravitasi dan air higroskopis tidak dapat diserap oleh sistem perakaran.

Teori yang mencoba menjelaskan sistem pergerakan air dalam tubuh tumbuhan adalah teori tekanan akar. Teori ini didasarkan pada kenyataan bahwa di dalam sel-sel akar terdapat zat-zat terlarut (khususnya garam-garam mineral) yang mengakibatkan penurunan potensial air akar. Akibat rendahnya potensial air dari akar maka air tanah akan diserap masuk ke dalam akar dan

menimbulkan tekanan hidrostatik pada akar sehingga dapat menekan pergerakan air ke batang sampai ke daun (Hamim, 2019).

Teori tekanan akar ini juga didukung oleh adanya percobaan di lapangan yang membuktikan adanya tekanan akar. Percobaan yang pertama adalah terjadinya gejala *gutasi*, yaitu keluarnya butiran air dari pinggir daun beberapa jenis tumbuhan pada malam atau pagi hari ketika tumbuhan mendapat cukup air (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Fenomena terjadinya gutasi (tampak butiran butiran air di pinggir daun) pada tumbuhan yang membuktikan adanya tekanan akar (Sumber: Hamim, 2019)

*Gutasi* terjadi karena pada malam hari tidak terjadi transpirasi sehingga dalam keadaan air yang cukup, tumbuhan akan memiliki tekanan *turgor* yang tinggi. Akibatnya, air akan keluar melalui suatu celah yang disebut *hidatoda*. *Hidatoda* merupakan suatu celah pada daun, berupa struktur modifikasi dari stomata yang kehilangan fungsinya sehingga tidak bisa menutup.

Percobaan pengukuran tekanan akar dapat dilakukan dengan manometer. Tumbuhan yang diairi dengan cukup dihubungkan dengan selang kaca yang tersambung dengan cairan merkuri (Gambar 2.3). Cairan batang akan keluar dari luka bekas potongan dan menekan selang pipa yang berisi merkuri tersebut. Besarnya tekanan akar bisa ditetapkan berdasarkan tinggi merkuri akibat tekanan cairan tersebut. Fenomena ini memberikan bukti adanya tekanan yang berasal dari akar tumbuhan sehingga air dapat naik dari akar ke batang tumbuhan (Hamim, 2019).



Gambar 2.3 Percobaan pembuktian adanya tekanan akar dengan manometer  
(Sumber: Hamim, 2019)

Kebutuhan air pada tanaman didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh dan produksi secara normal. Kebutuhan setiap tumbuhan terhadap air berbeda beda tergantung pada bentuk, jenis, umur, media tanam, kondisi lingkungan sekitar tanaman dan musim, sehingga setiap tumbuhan memiliki batas kadar air tertentu untuk pertumbuhannya. Kadar air dalam tumbuhan yang terlalu

banyak (menimbulkan genangan) maka akan menimbulkan cekaman aerasi dan jika jumlahnya terlalu sedikit, maka sering menimbulkan cekaman kekeringan.

## **2. Sifat-Sifat Air yang Bermanfaat Untuk Tanaman**

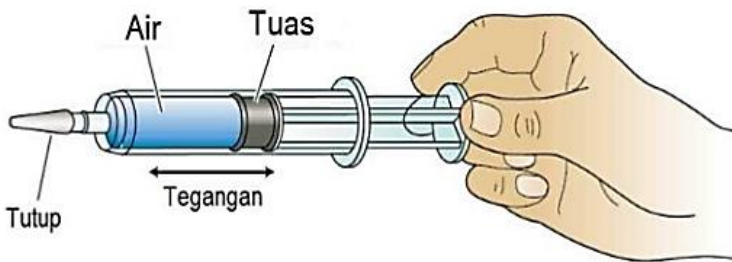
Tumbuhan dapat memanfaatkan air disebabkan oleh adanya sifat-sifat air yang mendukung untuk kehidupannya. Diantara sifat-sifat air tersebut adalah gaya kohesi, gaya adhesi, sifat polaritas air, menguap pada suhu yang tinggi, serta air sebagai pelarut.

Gaya kohesi yang dimiliki oleh air berguna untuk penyerapan air secara vertikal dalam tumbuhan. Hal ini dapat dijelaskan melalui tiga elemen atau konsep kohesi yaitu: (1) adanya perbedaan potensi air antara tanah dan atmosfer sebagai tenaga pendorong; (2) adanya tenaga hidrasi dinding pembuluh *xilem* yang mampu mempertahankan molekul air terhadap gravitasi; dan (3) adanya gaya kohesi antara molekul air yang menjaga keutuhan kolom air dalam pembuluh *xilem* (Gardner, 1991).

Sifat kohesi dari air menyebabkan air memiliki tegangan permukaan yang besar sehingga air cenderung membentuk formasi membulat (bukan menyebar) apabila



ditempatkan di atas permukaan yang datar. Hal ini karena molekul air cenderung tertarik dengan sesamanya di bagian dalam massa air daripada molekul lain, seperti ikatan dengan udara atau uap air di sebelah luarnya (Hamim, 2019). Hal inilah yang menyebabkan air memiliki tegangan permukaan, apabila berada di atas bahan yang dapat berikatan dengan air (hidrofilik), maka akan menyebar (ditunjukkan dengan sudut lengkung cairan yang kurang dari  $90^\circ$ ) dan apabila berada di atas bahan yang tidak mudah berikatan dengan air (*hidrofobik*) akan membentuk butiran (ditunjukkan dengan sudut lengkung cairan yang lebih dari  $90^\circ$ ).



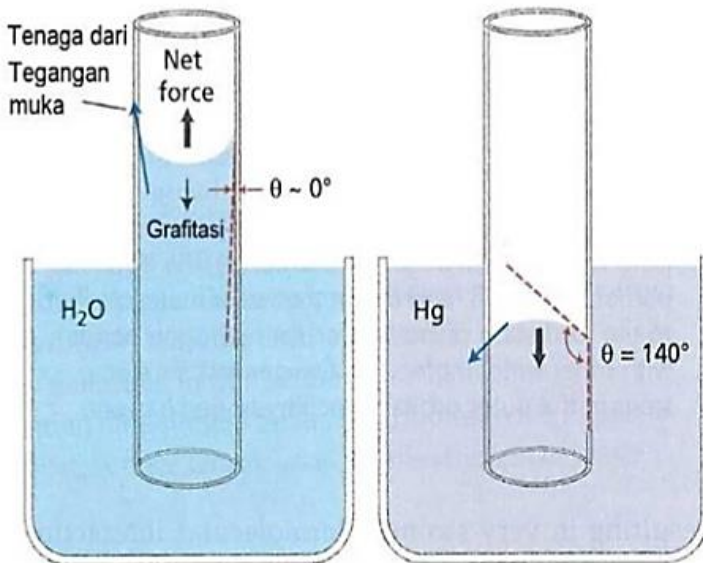
Gambar 2.4 Kemampuan air dalam melawan regangan  
(Sumber: Taiz dan Zeiger, 2002. Hamim, 2019)

Selain itu, sifat kohesi menyebabkan air juga memiliki kemampuan melawan regangan apabila ditempatkan dalam ruangan yang meregangnya, seperti dalam jarum suntik (Gambar 2.4). Sifat ini penting artinya bagi pergerakan air dalam tumbuhan, mengingat air yang bergerak dari akar hingga mencapai pucuk daun dari pohon yang tinggi akan mengalami tegangan yang sangat besar. Karakteristik air yang demikian itulah yang menjamin keberlangsungan proses transpor air di dalam jaringan tumbuhan (Hamim, 2019).

Gaya adhesi terjadi antara air dengan dinding *xilem* pada tumbuhan, akibat dari adanya gaya ini adalah terbentuknya kapilaritas. Kapilaritas menyebabkan naiknya cairan ke dalam tabung yang sempit, yang terjadi karena zat cair tersebut membasahi dinding tabung (dengan daya adhesi) lalu tertarik ke atas. Pembuluh *xilem* dapat dipandang sebagai pembuluh kapiler sehingga air naik di dalamnya sebagai akibat dari adhesi antar dinding *xilem* dan molekul air (Mudakir, 2004).

Sifat adhesi memungkinkan air seolah-olah dapat merambat ke permukaan yang lebih tinggi ketika ditempatkan di dalam pipa kapiler berdiameter kecil, kita kenal dengan daya kapilaritas. Permukaan yang lebih

tinggi di dalam pipa kapiler daripada di luarnya karena adanya sifat adhesi air yang menyebabkan molekul air berikatan dengan dinding kapiler sehingga mampu melawan sebagian gaya gravitasi. Hal ini berbeda dengan air raksa (Hg) yang justru terjadi sebaliknya (Gambar 2.5). Semakin kecil diameter pipa akan semakin tinggi permukaan air yang ada di dalam pipa (Gambar 2.5).



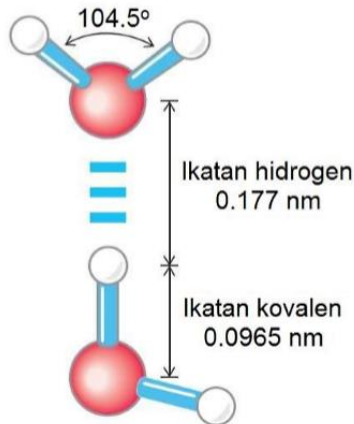
Gambar 2.5 Sifat adhesi air  
(Sumber: Taiz dan Zeiger, 2002. Hamim, 2019)

Sifat polaritas air memungkinkan air untuk mengubah bentuknya menjadi tetesan setelah melewati *xilem* pada tumbuhan. Sifat air yang menguap pada suhu yang tinggi menyebabkan tumbuhan melakukan transpirasi yang berfungsi untuk mengatur suhu pada tumbuhan.

Molekul air dengan bentuk ikatan seperti yang telah disebutkan ternyata memiliki karakteristik yang unik. Keunikan ini terutama karena sifat polaritas (berkutub) yang dimiliki air, yaitu di bagian tertentu dari molekul air cenderung bermuatan positif dan di bagian lain dari molekul air cenderung bermuatan negatif (Gambar 2.6). Hal ini disebabkan atom hidrogen yang hanya memiliki satu elektron dalam membentuk ikatan dengan oksigen, elektron dari hidrogen cenderung lebih tertarik ke arah oksigen sehingga bagian lain dari atom hidrogen cenderung bermuatan agak positif.

Sebaliknya bagian pasangan elektron dari oksigen yang tidak berikatan dengan hidrogen akan cenderung lebih negatif daripada bagian yang berikatan dengan hidrogen. Adanya kecenderungan muatan positif di bagian yang berikatan dengan H dan muatan negatif di bagian elektron yang tidak berpasangan menyebabkan air

bersifat polar. Adanya perbedaan muatan ini biasanya digambarkan dengan bentuk awan muatan yang membentang di kedua bagian dari molekul air (Hamim, 2019).



Gambar 2.6 Sifat polar molekul air  
(Sumber: Nelson dan Cox, 2004. Hamim, 2019)

Dalam Fitter and Hay (1991) disebutkan, air adalah pelarut yang sangat baik untuk tiga kelompok bahan (*solute*) biologis yang penting yaitu: bahan organik, ion-ion bermuatan ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NO_3^-$  dan molekul kecil. Bahan organik dan air dapat membentuk ikatan ion hidrogen termasuk asam amino, karbohidrat serta protein yang berat molekulnya rendah, mengandung hidroksil, amine

atau gugus fungsional asam karboksilat. Air juga membentuk dispersi koloida dengan karbohidrat dan protein dengan berat molekul tinggi.

Secara umum hara mineral merupakan ion bermuatan positif (seperti  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $NH_4^+$ ) maupun negatif ( $NO_3^-$ ,  $SO_3^{=}$ ,  $HPO_4^{=}$ ) yang terlarut di dalam air. Ion-ion tersebut bisa berasal dari bahan mineral tanah, dari hasil dekomposisi bahan organik atau mungkin berasal dari pupuk yang kita berikan. Air berperan penting dalam melarutkan ion-ion tersebut dari sumbernya sehingga bisa diserap oleh tumbuhan dan masuk ke dalam jaringan tumbuhan. Selain itu air yang cukup juga menjadi sarana yang baik bagi ion dan pupuk untuk berdifusi atau bergerak melalui aliran masa sehingga menjadi dekat dan tersedia bagi tumbuhan. Itulah sebabnya kekurangan air sering kali juga menyebabkan kekurangan hara pada tumbuhan karena kelarutan hara di dalam tanah menjadi sangat rendah.

Selain karakteristik fisik di atas, air juga memiliki kekhususan dibandingkan dengan molekul-molekul lain yang sejenis (dengan bobot molekul yang hampir sama), seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), amonia ( $NH_3$ ), gas  $CO_2$ , dan sebagainya. Meskipun berbobot molekul kecil (18), air

memiliki titik leleh, titik didih dan panas penguapan (energi evaporasi) yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan amonia (17), metana (16), etanol (30) maupun methanol (32) sebagaimana tertera dalam Tabel 2.1 berikut. (Hamim, 2019).

Tabel 2.1 Karakteristik fisik air dibandingkan dengan molekul-molekul lain dengan ukuran molekul yang hampir sama

Jenis Molekul	Bobot Molekul (Dalton)	Titik Leleh (C°)	Titik Didih (C°)	Panas Penguapan (J/G)
Air (H <sub>2</sub> O)	18	0	100	2452
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	34	-86	-61	-
Amonia (NH <sub>3</sub> )	17	-77	-33	1234
Karbondiodoksida (CO <sub>2</sub> )	44	-57	-78	301
Metana (CH <sub>4</sub> )	16	-182	-164	556
Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	30	-183	-88	523
Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	32	-94	65	1226
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	46	-117	78	878

Sumber: Hopkins dan Huner, (2009) dalam Hamim (2019)

Sifat yang demikian menjadikan air memiliki karakteristik yang sangat baik (secara fisis, kimiawi, maupun fisiologis) guna mendukung berbagai proses fisiologi di dalam tubuh tumbuhan. Keunikan karakteristik air ini adalah bagian dari anugerah luar biasa yang diberikan oleh Tuhan pencipta alam ini sehingga memang benar ungkapan bahwa tanpa air maka tidak ada kehidupan.

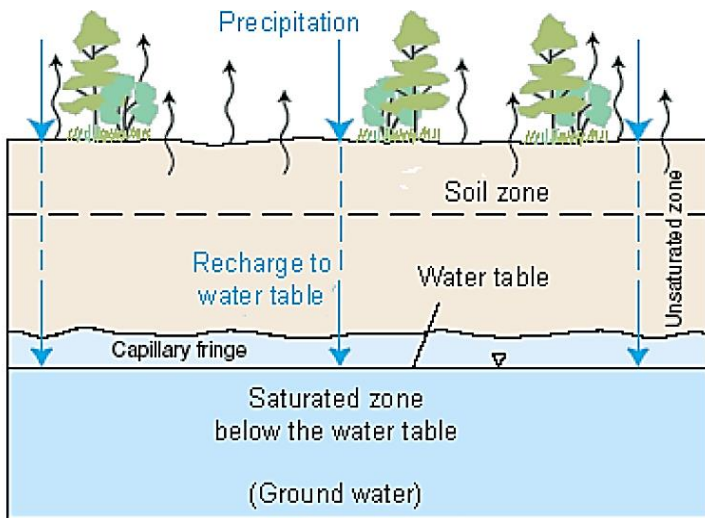
### 3. Jenis Air Yang Berada di Media Tumbuh-Tumbuhan

Kebutuhan air pada tanaman dapat dipenuhi melalui tanah dengan jalan penyerapan oleh akar. Besarnya air yang diserap, oleh akar tanaman sangat tergantung pada kadar air dalam tanah ditentukan oleh pF (Kemampuan partikel tanah memegang air), dan kemampuan akar untuk menyerapnya (Jumin, 1992). Oleh karena itu, ada 3 Jenis jenis air yang ada disekitar media tumbuh tanaman menurut Sri Anggraeni tahun 2010 yaitu: air gravitasi, air higroskopis, air kapiler.

Air gravitasi adalah air yang bebas mengalir ke bawah melalui partikel tanah karena adanya gaya gravitasi. Dengan bergerak bebas jauh ke bawah, air gravitasi menyebabkan 'pencucian' mineral-mineral tanah, termasuk nutrien. Pada level tertentu, air gravitasi ini akan tertampung, dinamakan '*water table*'. Keberadaan '*water table*' ini dipengaruhi oleh musim curah hujan dan topografi. '*Water table*' merupakan sumber air bagi tanaman yang hidup di atasnya., Air akan naik ke atas dengan adanya daya kapiler. Air Higroskopis adalah air yang terikat kuat melapisi partikel tanah. Pada partikel liat dan humus air ini berikatan dengan ikatan hidrogen yang berasosiasi dengan kation. Air higroskopis sukar



digunakan oleh akar tumbuhan. Merupakan air yang paling akhir tersisa pada tanah kering. Air kapiler adalah air yang mengisi pori-pori tanah. Sangat mudah menguap tapi yang paling mudah digunakan diserap oleh tumbuhan. Air yang dapat diikat oleh tanah yang kering atau jumlah total air yang dapat dipertahankan oleh tanah, yang bisa melawan gaya gravitasi dan kapiler dinamakan *'field capacity'*. Air tanah diperlukan oleh semua organisme hidup di dalam tanah. Masuk ke dalam sel-selhidup melalui osmosis. Selain itu juga penting sebagai pelarut nutrien yang akan diambil dalam bentuk larutan oleh tumbuhan.



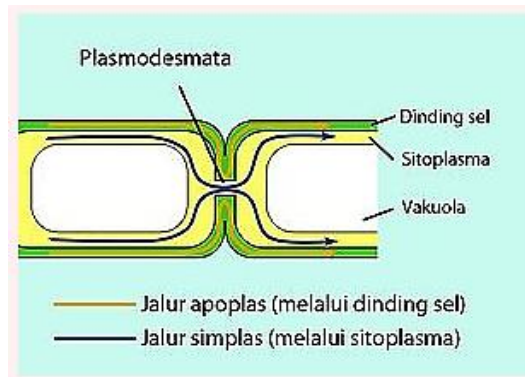
Gambar 2.7 Proses kapilaritas air hujan ke dalam tanah

#### 4. Pengangkutan air pada tanaman

##### a. Pengangkutan Ekstravaskuler

Jenis-jenis pengangkutan *ekstravaskular* adalah apoplas dan simplas. Apoplas adalah suatu kontinum tak hidup yang terbentuk melalui jalur *ekstraseluler* yang disediakan oleh matriks kontinu dinding sel dan berfungsi untuk mengangkut air dari akar ke *xilem* (Campbell et al, 2002). Definisi lainnya menyebutkan bahwa apoplas adalah suatu sistem yang menyangkut antara dinding sel yang saling berhubungan dengan unsur *xilem* berisi air (Salisbury dan Ross CW. 1995). Apoplas meliputi semua dinding sel pada korteks akar (kecuali dinding endodermis dan eksodermis dengan pita kaspariannya karena kedua jaringan tersebut tidak permeabel terhadap air), semua trakeid dan pembuluh pada *xilem*, semua dinding sel daun, *floem*, dan sel lain. Perambatan cairan dari bawah ke bagian atas tumbuhan dapat terjadi seluruhnya melalui *apoplas*, terutama di *xilem*. Simplas adalah kontinum sitoplasma yang berhubungan oleh plasmodesmata pada tumbuhan dan berfungsi untuk mengangkut air dan mineral dari akar ke *xilem*. *Simplas* mencakup *sitoplasma* semua sel tumbuhan dan *vakuola*

(Furqonita D. 2007). Simplas merupakan kesatuan unit karena protoplas sel yang berdampingan saling berhubungan melalui plasmodesmata. Bahan seperti glukosa dapat melewati plasmodesmata dari sel ke sel ribuan kali lebih cepat daripada dengan menembus membran dan dinding sel. Tapi partikel yang lebih besar dari 10 nm tidak dapat melewati *plasmodesmata* (Salisbury dan Ross CW. 1995).

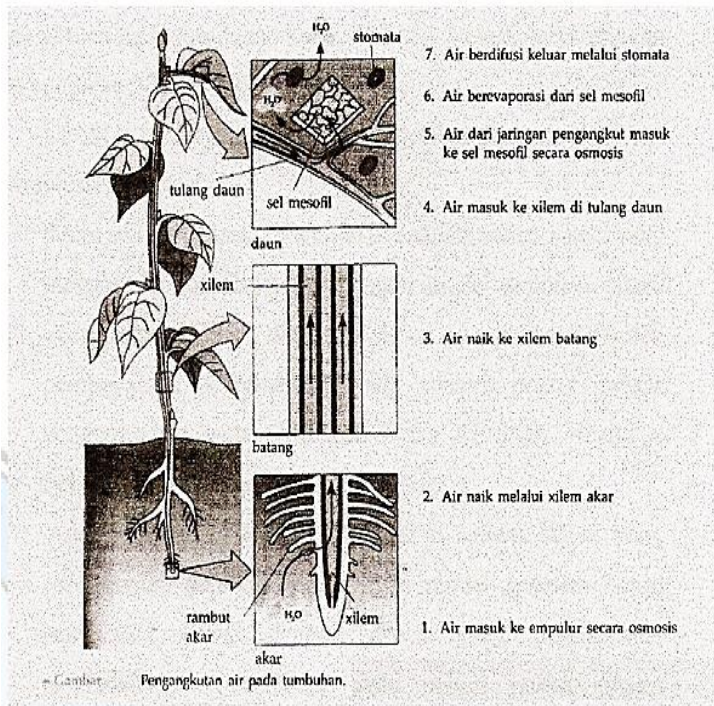


Gambar 2.8 Pengangkutan ekstravaskular simplas

### **b. Pengangkutan air intraselular**

Pengangkutan intravaskular berlangsung dari akar menuju bagian atas tumbuhan melalui berkas pembuluh, yaitu *xilem*. Ada beberapa teori tentang pengangkutan air dan mineral dari bawah ke atas tubuh

tumbuhan oleh *xilem*, antara lain: (1) teori tekanan akar menyatakan bahwa air dan mineral terangkat ke atas jika adanya tekanan akar; (2) teori vital mengemukakan perjalanan air dari akar menuju daun dapat terlaksana karena pertolongan sel-sel hidup; dan (3) *teory dixon-joly*, naiknya air ke atas dikarenakan tarikan dari atas, yaitu daun yang melakukan transpirasi.



Gambar 2.9 Pengangkutan air pada tumbuhan

## 5. Peranan air secara umum terhadap tumbuhan

Dalam fisiologi tumbuhan, air merupakan hal yang sangat penting, Jackson (1977) dalam Harwati, 2007 berpendapat, peranan air dalam pertumbuhan tanaman, yaitu: (1) air merupakan bahan penyusun utama dari pada protoplasma. Kandungan air yang tinggi aktivitas fisiologis tinggi sedang kandungan air rendah aktivitas fisiologisnya rendah (Kramer dan Kozlowski, 1960); (2) air merupakan reagen dalam tubuh tanaman, yaitu pada proses fotosintesis; (3) air merupakan pelarut substansi (bahan-bahan) pada berbagai hal dalam reaksi-reaksi kimia (Kramer dan Kozlowski, 1960). Fitter and Hay (1991) dalam Eliakim *et. al.* (2008) disebutkan, air adalah pelarut yang sangat baik untuk tiga kelompok bahan (*solute*) biologis yang penting yaitu: bahan organik, ion-ion bermuatan ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NO^3-$ ) dan molekul kecil. Bahan organik dan air dapat membentuk ikatan ion hidrogen termasuk asam amino, karbohidrat serta protein yang berat molekulnya rendah, mengandung *hidroksil*, *amine* atau gugus fungsional asam karboksilat. Air juga membentuk dispersi koloida dengan karbohidrat dan protein dengan berat molekul tinggi; (4) air digunakan untuk memelihara tekanan turgor. Menurut Tso (1972)

Turgor adalah penentu utama pertumbuhan yaitu perluasan daun. Turgor adalah penentu utama pertumbuhan, perluasan daun dan berbagai aspek metabolisme tanaman. Penutupan dan pembukaan stomata banyak dikendalikan oleh tersedianya air. Tanaman yang cukup air, stomata dapat dipertahankan selalu membuka untuk menjamin kelancaran pertukaran gas-gas di daun termasuk CO<sub>2</sub> yang berguna dalam aktivitas fotosintesis, aktivitas yang tinggi menjamin pula tingginya kecepatan pertumbuhan tanaman (Bayer, 1976); (5) sebagai pendorong proses respirasi, sehingga penyediaan tenaga meningkat dan tenaga ini digunakan untuk pertumbuhan; (6) secara tidak langsung dapat memelihara suhu tanaman; dan (7) berperan sebagai perpanjangan sel.

## **6. Peranan air terhadap pertumbuhan tanaman**

Air telah mempengaruhi pertumbuhan tanaman dimulai dari perkecambahan biji yang terjadi setelah adanya dormansi. Peran air dalam proses ini adalah sebagai berikut: (1) air yang diserap oleh biji berguna untuk melunakkan kulit biji dan menyebabkan pengembangan embrio dan endosperm. Hal ini

mengakibatkan pecah atau robeknya kulit biji; (2) air memberikan fasilitas untuk masuknya oksigen kedalam biji. Dinding sel yang kering hamper tidak permeable untuk gas, tetapi apabila dinding sel diimbibisi oleh air, maka gas akan masuk kedalam sel secara difusi. Apabila dinding sel kulit biji dan embrio menyerap air maka supply oksigen meningkat kepada sel-sel hidup sehingga memungkinkan lebih aktifnya pernafasan. Sebaliknya juga CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh pernafasan tersebut lebih mudah mendifusi keluar; (3) air berguna untuk mengencerkan protoplasma sehingga dapat mengaktifkan bermacam-macam fungsinya. Sebagian air di dalam protoplasma sel-sel embrio dan bagian hidup lainnya pada biji, hilang sewaktu biji tersebut telah mencapai masak sempurna dan lepas dari induknya (*seed are shed*). Semenjak saat ini aktifitas protoplasma hamper seluruhnya berhenti sampai perkecambahan dimulai. Sel-sel hidup tidak bias aktif melaksanakan proses-proses yang normal seperti pencernaan (*digestion*), pernafasan (*respiration*), asimilasi (*assimilation*), dan tumbuh (*growth*), apabila protoplasma tidak mengandung sejumlah air yang cukup; dan (4) air berguna sebagai alat transport larutan makanan dan *endosperm* atau *cotyledon* kepada titik tumbuh

pada embryonic axis, didaerah mana diperlukan untuk membentuk protoplasma baru.

Air merupakan faktor yang penting bagi tanaman, karena berfungsi sebagai pelarut hara, berperan dalam translokasi hara dan fotosintesis (Fitter dan Hay, 1998). Translokasi melalui *xilem* berupa unsur hara yang dimulai dari akar terus ke organ-organ, seperti daun untuk diproses dengan kegiatan fotosintesis. *Stress* air memperlihatkan pengaruhnya melalui terhambatnya proses translokasi. Pengaruhnya tidak langsung terhadap produksi adalah berkurangnya penyerapan hara dari tanah. Berkurangnya penyerapan unsur hara akan menghasilkan laju sintesis bahan kering, antara lain protein yang rendah pula (Anggarwulan E., Solichatun dan Mudyantini W., 2008).



## DAFTAR PUSTAKA

- Anggarwulan, Endang. Solichatun, Mudyantini, Widya. 2008. Karakter Fisiologi Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium* (L.) Schott) pada Variasi Naungan dan Ketersediaan Air. Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta 57126. *Jurnal Biodiversitas*. ISSN: 1412-033X Volume 9, Nomor 4 Oktober 2008 Halaman: 264-268.
- Bayer. J, S. 1976. *Water deficits and photosynthesis in water. Deficite and Plant Growth TT Kozlowski (ed) : Vol. IV 153-190*. Academic Press Inc New York
- Campbell, N. A., Reece, J. B. dan Mitchel. L. G. (2002). *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Dwidjoseputro, D. 1984. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit PT. Gramedia. Jakarta. Pp. 66-106.
- Eliakim et. al. 2008. *Pengaruh kelebihan air terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman*. Paper. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Fitter A.H. dan Hay R.K.M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Furqonita, Deswaty. 2007. "*Seri Ipa Biologi SMP Kelas 8*". Jakarta: Yudisthira.
- Gardner, F. P. ; R. B. Pearce dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan: Herawati Susilo. UI Press, Jakarta.

- Hamim. 2019. *Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit: Universitas Terbuka, Banten. Pondok Cabe, Pamulang, Tangerang Selatan, 15418.
- Hansen, V. E., Israelsen, O.W. dan Stringham, G. E. 1992. *Dasar-Dasar dan Praktek Irigasi*. Penerjemah: Endang. Erlangga, Jakarta.
- Harwati, Ch. Tri. 2007. Pengaruh kekurangan air (*water deficit*) terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tembakau. *Innofarm : Jurnal Inovasi Pertanian* Vol. 6, No. 1, 2007 (44 - 51).
- Harwati, T. 2007. Pengaruh kekurangan air (Water Deficit) terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tembakau. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 6(1): 44 - 51.
- Idkham, M., 2005. *Analisis Debit dan Pola Penyebaran Aliran Air (Seepage) Serta Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Pada Model Tanggul Dengan Bahan Tanah Latosol Dermaga, Bogor*. Tesis.
- Islami, T. dan Utomo, W.H. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Jumin, H.B. 1992. *Ekologi Tanaman: Suatu Pendekatan Fisiologis*. Rajawali Press. Yogyakarta.
- Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski, 1960. *Physiology of Trees*. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Mudakir, Imam. 2004. *Fisiologi Tanaman*. Jember: Universitas Jember Press.

- Salisbury, Frank B dan Cleon W Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Taiz, L. dan Zeiger E. 2010. *Plant Physiology (5th Edition)*. Chapter 26. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Taiz, L. dan Zeiger, E. 2003. *Plant Physiology: Solute Transport*. New Dehli : Panima Publisher.
- Tso, T.C., 1972. *Physiology and biochemistry of tobacco plants*. Dowden Hutchinson and Rose Inc Stroudsburg Pa.

## **BAB III**

# **KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN**

### **1. Air yang diperlukan tanaman dan pemakaian air**

Evapotranspirasi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah penguapan dan transpirasi dari tanaman di permukaan bumi ke atmosfer. Roger (2007) menyatakan bahwa istilah evapotranspirasi merupakan gabungan konsep penguapan (E) dari permukaan tanah dan tanaman dengan transpirasi (T) dari daun tanaman untuk menggambarkan air total keluar dari suatu tanaman ke udara.

Evaporasi (E) merupakan proses transfer molekul air dari setiap permukaan basah ke udara disebut evaporasi. Seluruh permukaan air setelah kontak dengan udara air menguap, termasuk danau, tanah basah, dan daun tanaman basah. Molekul air menguap selama udara tidak jenuh dengan uap air. Sedangkan transpirasi, di sisi lain, mengacu pada uap air yang keluar dari daun tanaman melalui pori-pori (stomata) di permukaan daun.

Hal ini berbeda dari penguapan karena pembukaan atau penutupan stomatal terjadi sebagai respons terhadap kondisi lingkungan. Air bergerak dari tanah lembab ke akar tanaman, melalui akar, dan akhirnya keluar melalui stomata daun (Febrianti N., 2010).

Evapotranspirasi menurut Allen et al. (1998) merupakan proses yang melibatkan dua proses terpisah yang berlangsung simultan yaitu berupa hilangnya air dari permukaan tanah melalui evaporasi dan hilangnya air dari tanaman melalui transpirasi. Pada kondisi tanaman yang masih rendah/ kecil, kehilangan air melalui evaporasi lebih dominan daripada transpirasi. Akan tetapi proses transpirasi berangsur-angsur menjadi dominan dengan berkembangnya tanaman.

Penggunaan konsumtif adalah jumlah total air yang dikonsumsi tanaman untuk penguapan (evaporasi), transpirasi dan aktivitas metabolisme tanaman. Kadang-kadang istilah itu disebut juga sebagai evapotranspirasi tanaman. Jumlah evapotranspirasi kumulatif selama pertumbuhan tanaman yang harus dipenuhi oleh air irigasi, dipengaruhi oleh jenis tanaman, radiasi surya, sistem irigasi, lamanya pertumbuhan, hujan dan faktor lainnya. Jumlah air yang ditranspirasikan tanaman

tergantung pada jumlah lengas yang tersedia di daerah perakaran, suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin, intensitas dan lama penyinaran, tahapan pertumbuhan, tipe dedaunan.

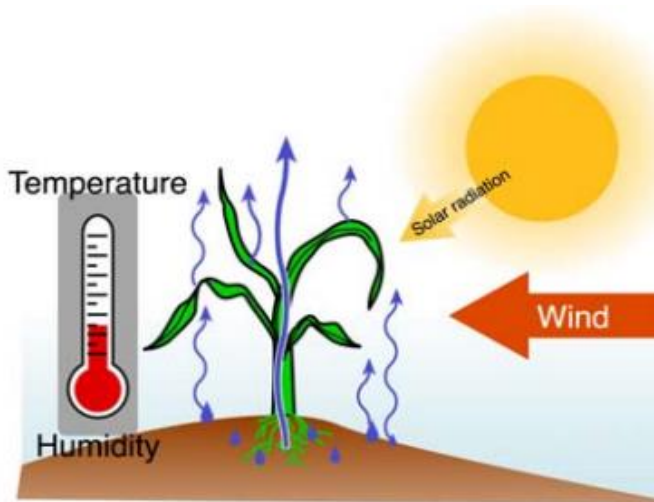
Evapotranspirasi ditentukan oleh banyak faktor yakni: (1) radiasi surya ( $R_d$ ): Komponen sumber energi dalam memanaskan badan-badan air, tanah dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi; (2) kecepatan angin ( $V$ ): Angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer, sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum terjadinya keejenuhan kandungan uap di udara; (3) kelembaban relatif ( $RH$ ): Parameter iklim ini memegang peranan karena udara memiliki kemampuan untuk menyerap air sesuai kondisinya termasuk temperatur udara dan tekanan udara atmosfer; dan (4) temperature atau suhu merupakan komponen tak terpisah dari  $RH$  dan Radiasi. Suhu ini dapat berupa suhu badan air, tanah, dan tanaman ataupun juga suhu atmosfer.

Pada kondisi air yang berlimpah, tanah tidak terpengaruh proses evapotranspirasi, sehingga iklim menjadi satu-satunya faktor yang berpengaruh. Jika

proses tersebut terjadi pada permukaan standar maka proses yang berlangsung dikenal sebagai evapotranspirasi. Dengan demikian evapotranspirasi merupakan kemampuan atmosfer untuk menyebabkan proses evapotranspirasi dari permukaan rumput standar pada lokasi dan waktu yang spesifik tanpa pengaruh dari faktor tanah.

Dapat dikatakan bahwa evapotranspirasi (ET) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah penguapan dan transpirasi dari tanaman di permukaan bumi ke atmosfer. Penguapan merupakan gerakan air ke udara dari sumber-sumber seperti tanah, intersepsi kanopi, dan *waterbodies*.

Transpirasi merupakan gerakan air dalam tanaman dan kemudian air keluar sebagai uap melalui stomata di daunnya. Evapotranspirasi adalah bagian penting dari siklus air. Elemen (seperti pohon) yang memberikan kontribusi untuk evapotranspirasi dapat disebut sebagai evapotranspirator. Evapotranspirasi dikatakan potensi jika proses evapotranspirasi pada kondisi cukup air (Febrianti N., 2010).



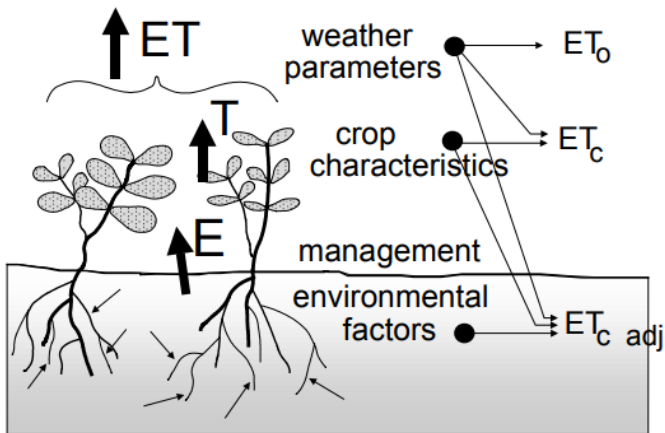
Gambar 3.1 Proses terjadinya evapotranspirasi  
(Sumber: Rogers H. D. dan Alam M., 2007)

Metoda untuk mendapatkan angka penggunaan konsumtif tanaman atau evapotranspirasi ada dua, yaitu: (1) pengukuran langsung dengan lysimeter bertimbangan (*weighting lysimeter*) atau tidak bertimbangan, dan (2) secara tidak langsung dengan menggunakan rumus empirik berdasarkan data unsur cuaca.

Terdapat 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 penutupannya, struktur tanaman, stadia perkembangan



sampai masak, keteraturan dan banyaknya stomata, mekanisme menutup dan membukanya stomata, (3) faktor tanah, mencakup kondisi tanah, aerasi tanah, potensial air tanah dan kecepatan air tanah bergerak ke akar tanaman (Linsley dkk., 1979).



Gambar 3.2 Skema faktor penentu evapotranspirasi  
 (Sumber: Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes,  
 dan M. Smith., 1998)

Doonrenbos J. dan Pruitt WO (1977), menjelaskan bahwa untuk menghitung kebutuhan air tanaman berupa evapotranspirasi dipergunakan persamaan:

$$Etc = Kc \times ET_o \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- ET<sub>c</sub> : evapotranspirasi *crop* atau potensial (mm/hari)
- ET<sub>o</sub> : evapotranspirasi acuan (mm/hari)
- K<sub>c</sub> : koefisien konsumtif tanaman

Koefisien konsumtif tanaman (K<sub>c</sub>) didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya evapotranspirasi potensial dengan evaporasi acuan tanaman pada kondisi pertumbuhan tanaman yang tidak terganggu. Dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan perhitungan evapotranspirasi acuan tanaman (ET<sub>o</sub>), maka dimasukkan nilai K<sub>c</sub> yang nilainya tergantung pada musim, serta tingkat pertumbuhan tanaman (Allen, et al., 1998).

Tabel 3.1 Koefisien tanaman padi ( $K_c$ )

Selama penyiapan Lahan	Varietas Unggul Baru <sup>**)</sup>	Varietas Lokal <sup>*)</sup>
	1,20	1,20
Setengah bulanan sesudah tanam		
0,5	1,20	1,20
1,0	1,27	1,20
1,5	1,33	1,32
2,0	1,30	1,40
2,5	1,30	1,35
3,0	0	1,24
3,5		1,12
4.0		0

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1986) Ket : \*varietas padi yang masa tumbuhnya lama \*\*varietas padi yang masa tumbuhnya pendek

Hasil penelitian Nasution Y., Sumono, dan Rohanah A. (2015) yang dilaksanakan di di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara menunjukkan bahwa nilai koefisien tanaman  $K_c$  padi setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3.2. Berdasarkan Tabel 3.2, dapat dilihat bahwa koefisien tanaman padi yang lebih besar, baik pada genangan 5 cm dan pada genangan 10 cm yaitu pada fase pertumbuhan vegetatif dan yang terkecil terdapat pada fase pemasakan sebesar 0,71 dan 0,56. Hal ini sesuai dengan literatur Dep.

PU (1987) dalam Soewarno (2000) yang menyatakan bahwa nilai koefisien tanaman padi menurut FAO pada periode awal pertumbuhan dan reproduktif sebesar 1,10, sedang pada periode pemasakan (panen) sebesar 0,95.

Tabel 3.2 Nilai Koefisien Tanaman Padi ( $K_c$ )

No.	Fase pertumbuhan	Koefisien tanaman padi ( $K_c$ )	
		Genangan 5 cm	Genangan 10 cm
1.	Fase vegetatif (0-30 hari)	0,96	1,03
2.	Fase vegetatif (31-45 hari)	0,88	1,10
3.	Fase reproduktif (46-80 hari)	0,84	1,03
4.	Fase pemasakan (81-110 hari)	0,56	0,71
	Rata-rata	0,81	0,98

Sumber: Nasution Y., Sumono, Rohanah A. (2015)

Secara tidak langsung dengan menggunakan rumus empirik berdasarkan data unsur cuaca, pertama menduga nilai evapotranspirasi tanaman acuan ( $ET_0$ ).  $ET_0$  adalah jumlah air yang dievapotranspirasikan oleh tanaman rumputan dengan tinggi 15~20 cm, tumbuh sehat,

menutup tanah dengan sempurna, pada kondisi cukup air. Ada berbagai rumus empirik untuk pendugaan evapotranspirasi tanaman acuan ( $ET_o$ ) yang tergantung pada ketersediaan data unsur cuaca, antara lain: (1) metoda Blaney-Criddle, (2) Penman, (3) radiasi, dan (4) panci evaporasi (Achmad M., 2011). Akhir-akhir ini (1999) FAO merekomendasikan metoda Penman-Monteith untuk digunakan jika data iklim tersedia yaitu: suhu rerata udara harian, jam penyinaran rerata harian, kelembaban relatif rerata harian, dan kecepatan angin rerata harian. Selain itu, diperlukan juga data letak geografi dan elevasi lahan di atas permukaan laut (Allen, et al., 1998).

Evapotranspirasi acuan ( $ET_o$ ) adalah nilai evapotranspirasi tanaman rumput-rumputan yang terhampar menutupi tanah dengan ketinggian 8 – 15 cm yang tumbuh secara aktif dan cukup air. Perhitungan evapotranspirasi acuan ( $ET_o$ ) dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu (1) metode Penman, (2) metode panci evaporasi, (3) metode radiasi, (4) metode Blaney Criddle, dan (5) metode Penman modifikasi FAO (Sosrodarsono dan Takeda, 1999).

Menduga besarnya evapotranspirasi tanaman (Achmad M., 2011), ada beberapa tahap harus dilakukan, yaitu menduga evapotranspirasi acuan; menentukan koefisien tanaman kemudian memperhatikan kondisi lingkungan setempat; seperti variasi iklim setiap saat, ketinggian tempat, luas lahan, air tanah tersedia, salinitas, metode irigasi, dan budidaya pertanian. Beberapa metode pendugaan evapotranspirasi acuan:

**a. Metode Blaney – Cridle**

$$ET_o = c[P(0,46T + 8)] \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

- c : Koefisien tanaman bulanan
- P : Presentase bulanan jam-jam hari terang dalam tahun
- T : Suhu udara (C°)

**b. Metode Thornthwaite**

$$ET_o = 1,6\left[\frac{10T}{I}\right]^a \dots\dots\dots (3.3)$$

$$a = 0,49 + 0,0179I - 0,0000771I^2 + 0,000000675I^3 \quad (3.4)$$

Keterangan:

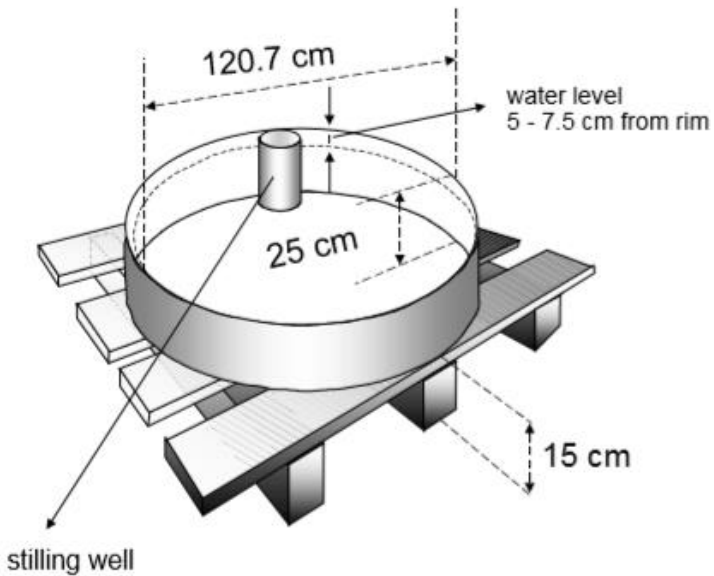
- I : Indeks panas tahunan

### c. Metode Pan Evaporasi

$$ET_o = K_p \times E_p \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

- ET<sub>o</sub> : Evapotranspirasi acuan (mm/hari)
- K<sub>p</sub> : Koefisien panci
- E<sub>p</sub> : Evaporasi panci (mm/hari)



Gambar 3.3 Panci evaporasi kelas A

Harga koefisien panci evaporasi ( $K_p$ ) tergantung pada iklim, tipe panci dan lingkungan panci. Untuk tipe Pan A yang dikelilingi oleh tanaman hijau pendek maka harga koefisien panci berkisar antara 0,4 – 0,85 yang dipengaruhi oleh kecepatan angin dan kelembaban nisbi udara rata-rata. Selanjutnya dikatakan untuk daerah tropis seperti Indonesia dimana kecepatan angin lemah sampai sedang dan kelembaban nisbi udara rata-rata diatas 70 %, harga  $K_p$  hanya berkisar dari 0,65 – 0,85.

#### **d. Metode Penman Modifikasi**

$$ET_o = c[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u)(e_a - e_d)] \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

- c : Faktor koreksi keadaan iklim siang/malam
- W : Faktor bobot tergantung dari suhu dan ketinggian tempat
- $R_n$  : Radiasi neto ekivalen dengan evaporasi (mm/hari)
- $e_a$  : Tekanan uap aktual (kPa)
- $e_d$  : Tekanan uap jenuh (kPa)
- $F(u)$  : Fungsi angin



Metode Penman modifikasi (FAO) digunakan untuk luasan lahan dengan data pengukuran temperatur, kelembaban, kecepatan angin dan lama matahari bersinar (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

**e. Metode Radiasi**

$$ET_o = cxWxR_s \dots\dots\dots (3.7)$$

$$R_s = (0,25 + 0,5x\frac{n}{N})R_a \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

- R<sub>s</sub> : Radiasi gelombang pendek yang diterima bumi (mm/hari)
- R<sub>a</sub> : *Extraterrestrial radiation* (mm/hari)
- R<sub>a</sub> : *The ratio between actual measured bright sunshine hours and maximum possible sunshine hours*

Metode ini menggunakan data suhu udara, lama penyinaran matahari, letak lintang lokasi studi, dan elevasi lokasi studi dalam perhitungannya.

## **1.1 Evapotranspirasi Tanaman Padi Varietas IR64 (ET<sub>c</sub>)**

Nilai evapotranspirasi tanaman (E<sub>t</sub>) pada setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3.3. Berdasarkan Tabel 3.3, dapat dilihat bahwa nilai evapotranspirasi tanaman yang terbesar terdapat pada fase pertumbuhan reproduktif yaitu untuk genangan 5 cm sebesar 1,70 mm/hari dan untuk genangan 10 cm sebesar 2.10 mm/hari dan nilai evapotranspirasi tanaman yang terkecil terdapat pada fase pertumbuhan awal (vegetatif) yaitu untuk genangan 10 cm sebesar 1.45 mm/hari dan untuk genangan 5 cm terdapat pada fase pemasakan sebesar 1.25 mm/hari, sedangkan pada fase pertumbuhan aktif dan fase pertumbuhan pemasakan nilai evapotranspirasi tanamannya lebih kecil daripada fase pertumbuhan reproduktif dan lebih besar daripada fase pertumbuhan pemasakan, karena fase pertumbuhan reproduktif lebih banyak membutuhkan air dibandingkan dengan fase pertumbuhan yang lain. Hal ini sesuai dengan literatur Islami dan Utomo (1995) yang menyatakan bahwa pertumbuhan vegetatif tanaman maksimal terjadi pada periode tengah pertumbuhan. Selain itu luas permukaan tanaman pada periode ini sudah mencapai

maksimum sehingga penguapan lebih besar. Pada periode awal, evapotranspirasi lebih rendah karena tanaman masih kecil sehingga luas permukaan tanaman untuk melakukan penguapan lebih kecil.

Tabel 3.3 Nilai evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ )

No.	Fase pertumbuhan	Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)	
		Genangan 5 cm	Genangan 10 cm
1.	Fase vegetatif (0-30 hari)	1,35	1,45
2.	Fase vegetatif (31-45 hari)	1,35	1,70
3.	Fase reproduktif (46-80 hari)	1,70	2,10
4.	Fase pemasakan (81-110 hari)	1,25	1,60
	Rata-rata	1,41	1,71

Sumber: Nasution Y., Sumono, Rohanah A. (2015)

## 1.2 Evaporasi Potensial Tanaman Padi Varietas IR64 ( $ET_o$ )

Evaporasi adalah merupakan peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak di permukaan tanah dan permukaan air ke udara; sedangkan transpirasi adalah merupakan peristiwa penguapan dari tanaman. Kedua

peristiwa ini disebut "evapotranspirasi" yaitu air dalam tanah dapat naik ke udara melalui tumbuh-tumbuhan. Banyaknya air yang naik ke udara berbeda-beda, tergantung dari kadar kelembaban tanah dan jenis tumbuh-tumbuhan. Umumnya, banyaknya transpirasi yang diperlukan untuk menghasilkan 1 gram bahan kering disebut laju transpirasi dan dinyatakan dalam gram. Biasanya pada daerah yang lembab, banyaknya adalah kira-kira 200 sampai 600 gram dan untuk daerah kering kira-kira dua kali sebanyak itu (Sosrodarsono dan Takeda, 1983).

Hasil pengukuran, nilai Evaporasi Potensial ( $E_{t_0}$ ) pada setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3.4. Berdasarkan Tabel 3.4, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata penurunan evaporasi potensial yang terbesar terdapat pada fase pemasakan yaitu 2,24 mm/hari, dan nilai evaporasi potensial yang terkecil terdapat pada fase pertumbuhan awal (vegetatif) yaitu 1,40 mm/hari. Dalam hal ini, nilai evaporasi potensial pada setiap fase pertumbuhan semakin tinggi hal ini sesuai dengan suhu rata-rata setiap fase pertumbuhan.

Tabel 3.4 Nilai evaporasi potensial (ET<sub>o</sub>)

No.	Fase Pertumbuhan	Evaporasi dari panci (mm/hari)	Evaporasi potensial (mm/hari)
1.	Fase vegetatif (0-30 hari)	2,0	1,4
2.	Fase vegetatif (31-45 hari)	2,2	1,54
3.	Fase reproduktif (46-80 hari)	2,9	2,03
4.	Fase pemasakan (81-110 hari)	3,2	2,24
Rata-rata		2,6	1,8

Sumber: Nasution Y., Sumono, Rohanah A. (2015)

## 2. Irigasi padi dan sawah

Pengelolaan air irigasi padi sawah sangat penting untuk memaksimalkan pemanfaatan pengembangan teknologi budidaya padi. Dasar utama dalam pengelolaan air tersebut adalah pengetahuan tentang kondisi air yang optimum dalam kaitannya dengan tahap pertumbuhan padi dan beberapa metoda untuk mendapatkan kondisi optimum tersebut.

### **a. Keperluan air irigasi untuk tanaman padi**

Sering dikatakan bahwa irigasi tanaman padi di sawah adalah merupakan suatu proses penambahan air hujan untuk memenuhi keperluan air tanaman. Tanaman padi sawah memerlukan air cukup banyak dan menginginkan genangan air untuk menekan pertumbuhan gulma dan sebagai usaha pengamanan apabila terjadi kekurangan air. Di daerah tropik walaupun pada musim hujan, sering terjadi suatu perioda kering sampai 3 minggu tidak turun hujan. Pada situasi tersebut diperlukan air irigasi untuk menjamin pertumbuhan tanaman padi yang baik. Pada umumnya tinggi genangan air adalah sekitar 50 - 75 mm untuk padi varietas unggul (HYV) sedangkan untuk varietas lokal antara 100 - 120 mm. Maksimum genangan air pada HYV adalah sekitar 15 cm.

Pada laju evaporasi sekitar 2-6 mm/hari dan perkolasi atau rembesan sekitar 6 mm/hari, maka lapisan genangan air tersebut akan mencapai nol pada selang waktu 4 sampai 15 hari, apabila tidak ada hujan dan air irigasi. Apabila situasi tersebut berlanjutan sampai beberapa minggu terutama pada masa pertumbuhan tanaman yang peka terhadap kekeringan maka akan terjadi pengurangan produksi.

Suatu tetapan konversi keperluan air biasanya dinyatakan dengan mm/hari yang dapat dikonversi ke suatu debit kontinyu pada suatu areal yakni  $1 \text{ l/det/ha} - 8,64 \text{ mm/hari}$  atau  $1 \text{ mm/hari} - 0,116 \text{ l/det/ha}$ . Keperluan air di atas selaras dengan pendapat Nurrochmad, F. (2011) yang menyatakan bahwa rata-rata kebutuhan air irigasi sebesar  $1 \text{ liter/detik/ha}$  dengan umur padi 100 hari dengan hasil panen beras rata-rata  $3.000 \text{ kg/ha}$ , maka kebutuhan air irigasi per  $1 \text{ kg}$  beras sebesar  $2.88 \text{ liter}$  di lahan sawah.

Varietas padi yang pada umumnya ditanam di Indonesia ada dua yaitu varietas lokal dan varietas unggul. Varietas lokal umurnya relatif lebih panjang dan kebutuhan airnya juga lebih besar dibanding dengan varietas unggul, namun dari segi rasa, preferensi masyarakat menilai bahwa varietas lokal lebih enak dibanding dengan varietas unggul. Perbandingan kebutuhan air pada dua varietas tersebut disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kebutuhan air tanaman padi sesuai tahap pertumbuhannya

Tahap Pertumbuhan	Varietas lokal			Varietas unggul		
	mm/ hari	l/det/ ha	Periode (hari)	mm/ hari	l/det/ ha	Periode
Pengolahan tanah	12,7	1,5	-	12,7	1,5	-
Pembibitan	3,0	0,4	20	3,0	0,4	20
Tanam s/d primordial	7,5	0,9	40	6,4	0,75	35
Primordial s/d bunga	8,8	1,0	25	7,7	0,9	20
Bunga 10% s/d penuh	8,8	1,0	20	9,0	1,0	20
Bunga penuh s/d pemasakan	8,4	1,0	20	7,8	0,9	20
Pemasakan s/d panen	0	0	15	0	0	15

Sumber: Jhon H. P., (2011)



Ada 3 (tiga) macam cara pemberian air irigasi untuk padi, yaitu penggenangan air terus-menerus, pengaliran air terus-menerus dan pengaliran air terputus-putus.

Pemberian air untuk menjaga tinggi genangan, cara pemberian ini dilakukan bila air terdapat dalam jumlah yang melimpah. Air dialirkan dari petak sawah ke petak lainnya melalui batang bambu atau lubang di enggenangan 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. Tinggi genangan kurang dari 5 cm akan diperoleh produksi yang tinggi dan air lebih efisien (hemat). Pemberian air secara pengaliran terus-menerus, cara pemberian ini dilakukan bila air terdapat dalam jumlah yang melimpah. Air dialirkan dari petak sawah ke petak lainnya melalui batang bambu atau lubang di pematang sepanjang masa pertumbuhan tanaman. Cara ini dinilai boros air serta pemakaian pupuk maupun pestisida tidak efisien.

Pemberian air secara terputus-putus, adalah cara memberikan air 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.

#### **b. Pengolahan tanah**

Pengolahan tanah dimulai paling lambat 15 hari sebelum pemindahan bibit dan mencegah hilangnya unsur N alami tanah sawah harus digenangi dari pembajakan sampai pemindahan bibit. Pengolahan tanah bertujuan (1) mengendalikan gulma secara efektif karena selama pengolahan tanah gulma akan hancur dan bercampur dengan tanah sehingga mengurangi persaingan pertumbuhan awal dari bibit (2) memperbaiki tata udara tanah yang penting untuk perkembangan akar padi. Dengan pengolahan tanah, tanah akan menjadi gembur (3) mencampur bahan organik dengan tanah; gulma dan sisa

tanaman terdahulu akan bercampur dengan tanah (4) membantu membentuk lapisan padas/lapisan bajak yang berguna untuk mengurangi hilangnya air karena pelindian (*leaching*), mencegah meresapnya air dan unsur hara selama penggenangan dan pertumbuhan padi (5) mencampur lapisan olah tanah karena dengan membajak lapisan olah tanah sebelah atas dan bawah akan bercampur sehingga akan menyeragamkan kesuburan tanah. Setelah dibajak, tanah digaruk dapat dilakukan satu atau dua kali (Taslim, dkk. 1989).

Terdapat beberapa metoda yang berbeda dalam perhitungan keperluan air tanaman dan umumnya perhitungan tersebut tidak mencakup keperluan air selama pengolahan tanah. Sebagai contoh suatu metoda yang direkomendasikan oleh FAO hanya didasarkan pada evapotranspirasi tanaman acuan, faktor tanaman, pertimbangan semua kehilangan air irigasi dan hujan efektif. Keperluan air selama pengolahan tanah padi sawah umumnya menentukan puncak keperluan air irigasi pada suatu areal irigasi. Beberapa faktor penting

yang menentukan besarnya keperluan air selama pengolahan tanah adalah sebagai berikut: (1) waktu yang diperlukan untuk pengolahan tanah yakni: (a) perioda waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pengolahan tanah; (b) penambahan areal pengolahan tanah dalam suatu grup petakan sawah yang sangat tergantung pada ketersediaan tenaga kerja manusia, hewan atau traktor; (2) Volume air yang diperlukan untuk pengolahan tanah, yang tergantung pada: (a) lengas tanah dan tingkat keretakan tanah pada waktu mulai pengolahan tanah; (b) laju perkolasi dan evaporasi; (c) kedalaman lapisan tanah yang diolah menjadi lumpur.

Beberapa hasil penelitian di Bali dan Sumatera menunjukkan keperluan air yang cukup besar antara 18 - 50 mm/hari (2,1 - 5,8 l/det/ha) dengan total keperluan air sekitar 400 -900 mm.

### **c. Periode pengolahan tanah**

Kondisi sosial dan tradisi yang ada serta ketersediaan tenaga kerja manusia, hewan atau traktor di suatu daerah sangat menentukan lamanya pengolahan tanah. Pada umumnya perioda yang diperlukan setiap petakan sawah untuk pengolahan tanah (dari mulai air diberikan sampai siap tanam) adalah sekitar 30 hari. Sebagai suatu pegangan biasanya sekitar 1,5 bulan diperlukan untuk menyelesaikan pengolahan tanah di suatu petak tersier. Pada beberapa kasus di mana alat dan mesin mekanisasi tersedia dalam jumlah yang cukup, perioda tersebut dapat diperpendek sampai sekitar 1 bulan. Total perioda pengolahan tanah di suatu daerah irigasi biasanya antara 1,5 sampai 3 bulan tergantung pada jumlah golongan yang dipakai.



Gambar 3.4 Pengolahan tanah menggunakan hewan ternak (kerbau)



Gambar 3.5 Pengolahan tanah menggunakan traktor tangan

**d. Volume air yang diperlukan untuk pengolahan tanah**

Keperluan air selama pengolahan tanah mencakup keperluan untuk menjenuhkan tanah dan suatu lapisan genangan yang diperlukan segera setelah tanam. Rumus di bawah ini dapat digunakan untuk menduga keperluan air pada waktu pengolahan tanah:

$$S = [S(a) - S(b)] \times N \times d \times 10^{-4} + F_l + F_d \dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

- S : keperluan air pengolahan lahan (mm)
- S(a) : lengas tanah sesudah pelumpuran (%)
- S(b) : lengas tanah sebelum pelumpuran (%)
- N : Porositas tanah (%)
- d : kedalaman lapisan tanah yang dilumpurkan (mm)
- F<sub>l</sub> : Kehilangan air selama pelumpuran (mm)
- F<sub>d</sub> : tinggi genangan di petakan sawah setelah tanam (mm)

Meskipun rumus tersebut cukup akurat untuk menghitung keperluan air akan tetapi beberapa parameter sering terjadi beragam di lapangan. Dengan demikian seringkali keperluan air pengolahan tanah diduga dari pengalaman di lapangan. Untuk tanah bertekstur liat berat tanpa retakan, keperluan air diambil sebesar 250 mm. Jumlah ini mencakup untuk penjemuran, pelumpuran dan juga 50 mm genangan air setelah tanam. Apabila lahan dibiarkan bera untuk waktu yang cukup lama (misal 1,5 bulan) sehingga tanah retak-retak, jumlah air yang diperlukan sekitar 300 mm. Untuk tekstur yang lebih ringan angka tersebut akan lebih besar dari angka di atas.



### **3. Keperluan air pada berbagai tahap pertumbuhan tanaman**

Tahap pertumbuhan padi dibagi menjadi: (1) pesemaian (10-30 hari setelah s/hss)(*seedling* atau *juvenile period*), (2) periode pertumbuhan vegetatif (0-60 hari setelah tanam/hst), (3) periode reproduktif atau generatif (50-100 hst) dan (4) periode pematangan (100-120 hst) (*ripening period*).

#### **a. Periode pesemaian**

Periode ini merupakan awal pertumbuhan yang mencakup tahap perkecambahan benih serta perkembangan *radiele* (akar muda) dan plume (daun muda). Selama periode ini air yang dikonsumsi sedikit sekali. Apabila benih tergenang cukup dalam pada waktu cukup lama sepanjang periode perkecambahan, maka pertumbuhan *radiele* akan terganggu karena kekurangan oksigen.



Gambar 3.6 Proses persemaian padi

#### **b. Pertumbuhan vegetatif**

Periode ini merupakan periode berikutnya setelah tanam (*transplanting*) yang mencakup (1) tahap pemulihan dan pertumbuhan akar (0-10 hst), (2) tahap pertumbuhan anakan maksimum (10-50 hst) (*maximum tillering*) dan (3) pertunasan efektif dan pertunasan tidak efektif (35-45 hst). Selama periode ini akan terjadi pertumbuhan jumlah anakan.

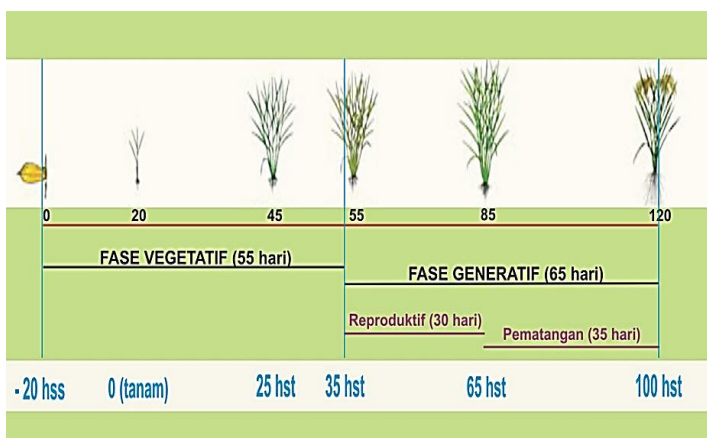
Segera setelah tanam, kelembaban yang cukup diperlukan untuk perkembangan akar-akar baru. Kekeringan yang terjadi pada periode ini akan menyebabkan pertumbuhan yang jelek dan

hambatan pertumbuhan anakan sehingga mengakibatkan penurunan hasil. Pada tahap berikutnya setelah tahap pertumbuhan akar, genangan dangkal diperlukan selama periode vegetatif ini.

Tabel 3.4 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan padi sawah (mm/hari)

Evaporasi+ Perkolasi (M)	T = 30 hari						T = 45 hari					
	S = 300 mm		S = 250 mm		S = 300 mm		S = 250 mm		S = 300 mm		S = 250 mm	
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
mm/hari	mm/harilt/dt/hamm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha	mm/harilt/dt/ha
5.0	12,7	1,47	11,1	1,28	9,05	1,10	8,4	0,97				
5.5	13,0	1,50	11,4	1,32	9,08	1,13	8,8	1,02				
6.0	13,3	1,54	11,7	1,35	10,1	1,17	9,1	1,05				
6.5	13,6	1,57	12,0	1,39	10,4	1,20	9,4	1,09				
7.0	13,9	1,61	12,3	1,43	10,8	1,25	9,8	1,13				
7.5	14,2	1,64	12,6	1,46	11,1	1,28	10,1	1,17				
8.0	14,5	1,68	13,0	1,50	11,4	1,32	10,5	1,22				
8.5	14,8	1,71	13,3	1,54	11,8	1,36	10,8	1,25				
9.0	15,2	1,76	13,6	1,57	12,1	1,41	11,2	1,30				
9.5	15,5	1,79	14,0	1,62	12,5	1,45	11,6	1,34				
10.0	15,8	1,83	14,3	1,65	12,9	1,48	12,0	1,39				
10.5	16,2	1,88	14,7	1,70	13,2	1,53	12,4	1,44				
11.0	16,5	1,91	15,0	1,73	13,6	1,57	12,8	1,48				

Beberapa kali pengeringan (drainase) membantu pertumbuhan anakan dan juga merangsang perkembangan sistim akar untuk berpenetrasi ke lapisan tanah bagian bawah. Fungsi respirasi akar pada periode ini sangat tinggi sehingga ketersediaan udara (aerasi) dalam tanah dengan cara drainase (pengeringan lahan) diperlukan untuk menunjang pertumbuhan akar yang mantap. Selain itu drainase juga membantu menghambat pertumbuhan anakan tak-efektif (*noneffective tillers*).



Gambar 3.7 Fase pertumbuhan tanaman padi

### **c. Periode reproduktif/generatif**

Periode ini mengikuti periode anakan maksimum dan mencakup tahap perkembangan awal malai (*panicle primordia*) (40-50 hst), masa bunting (50-60 hst)(*booting*),pembentukan bunga (60-80 hst) (*heading and flowering*). Situasi ini dicirikan dengan pembentukan dan pertumbuhan malai. Pada sebagian besar dari periode ini dikonsumsi banyak air. Kekeringan yang terjadi pada periode ini akan menyebabkan beberapa kerusakan yang disebabkan oleh terganggunya pembentukan *panicle*, *heading*, pembungaan dan fertilisasi yang berakibat pada peningkatan sterilitas sehingga mengurangi hasil.

### **d. Periode pematangan (*ripening* atau *fruiting*)**

Periode ini merupakan periode terakhir dimana termasuk tahapan pembentukan susu (80-90 hst) (*milky*), pembentukan pasta (90-100 hst) (*dough*), matang kuning (100-110 hst) (*yellow ripe*) dan matang penuh (110-120 hst) (*full ripe*). Selama periode ini sedikit air diperlukan dan secara

berangsur-angsur sampai sama sekali tidak diperlukan air sesudah periode matang kuning (*yellow ripe*).

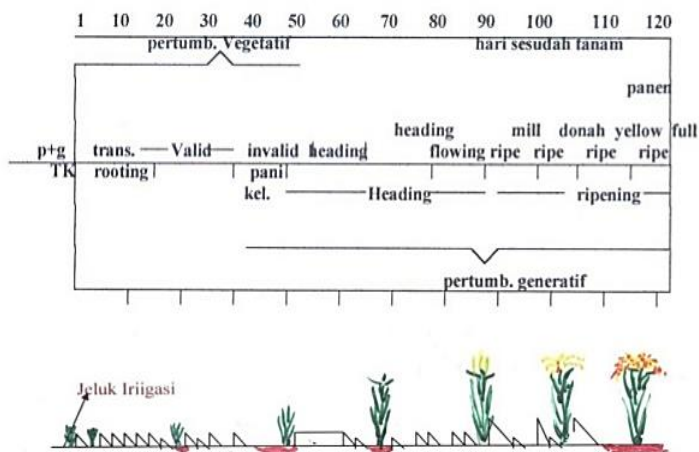
Selama periode ini drainase perlu dilakukan, akan tetapi pengeringan yang telalu awal akan mengakibatkan bertambahnya gabah hampa dan beras pecah (*broken kernel*), sedangkan pengeringan yang terlambat mengakibatkan kondisi kondusif tanaman rebah.



Gambar 3.8 Fase pematangan tanaman padi

Pada periode vegetatif jumlah air yang dikonsumsi sedikit, sehingga kekurangan air pada periode ini tidak mempengaruhi hasil secara nyata asalkan tanaman sudah pulih dan sistem

perakarannya sudah mapan. Tahapan sesudah *panicle primordia*, khususnya pada masa bunting, *heading* dan pembungaan memerlukan air yang cukup. Kekurangan air selama periode tersebut menghasilkan pengurangan hasil tak terpulihkan. Dengan demikian perencanaan program irigasi di areal dimana jumlah air irigasinya terbatas untuk menggenangi sawah pada seluruh periode, prioritas harus diberikan untuk memberikan air irigasi selama periode pemulihan dan pertumbuhan akar serta seluruh periode pertumbuhan reproduktif.



Gambar 3.9 Fase pertumbuhan tanaman padi dan pemberian air



#### **e. Metode pemberian air padi sawah**

Terdapat dua metoda pemberian air untuk padi sawah yakni: (a) Genangan terus-menerus (*continuous submergence*) yakni sawah digenangi terus menerus sejak tanam sampai panen; (b) Irigasi terputus atau berkala (*intermittent irrigation*) yakni sawah digenangi dan dikeringkan berselang-seling. Permukaan tanah diijinkan kering pada saat irigasi diberikan.

Keuntungan irigasi berkala adalah sebagai berikut: (a) menciptakan aerasi tanah, sehingga mencegah pembentukan racun dalam tanah, (b) menghemat air irigasi, (c) mengurangi masalah drainase, (d) mengurangi emisi metan, (e) operasional irigasi lebih susah. Keuntungan irigasi kontinyu adalah: (a) tidak memerlukan kontrol yang ketat, (b) pengendalian gulma lebih murah, (c) operasional irigasi lebih mudah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad M. 2011. *Hidrologi Teknik*. Universitas Hasanudin: Makasar.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, dan M. Smith. 1998. *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Food And Agriculture Organization Of The United Station. Rome.
- Asdak Chay. 1995. *Hilidrologi dan Pengetanan daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Black, Peter E. 1991. *Watershed Hydrology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. Jakarta (ID): DPU
- Doorenbos J, Pruitt WO. 1977. *Crop Water Requirements*. Rome : FAO Irrigation And Drainage Paper. FAO.
- Doorenbos J., A. H Kassam.1979. *Yield Respons to Water*, FAO. Rome.

- Faust, Samuel D, Osman M. Aly. 1981. *Chemistry of Natural Waters*. Ann Arbor Science. Michigan.
- Febrianti N. 2010. Analisis Evapotranspirasi Klimatologi Kabupaten Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I*. 16 Juni 2010, Bandung.
- Freeze R. Allan, John A. Cherry. 1979. *Groundwater*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hohnholz J. H. 1988. *Applied Geography and Development*. Page: 8-23.
- Islami, T. dan Utomo, W.H. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Jhon Hardy Purba. 2011. Kebutuhan Dan Cara Pemberian Air Irigasi Untuk Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa L.*). Widyatech. *Jurnal Sains dan Teknologi* Vol. 10 No. 3 April 2011, pp. 145-155.
- Kodoatie, R. .I . dan Roestam Sjarief. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Linsley Ray K., Joseph B. Franzini. 1985. *Teknik Sumber Daya Air*. Erlangga, Jakarta.

- Nasution Y., Sumono, Rohanah A. 2015. Penentuan Nilai Evapotranspirasi Dan Koefisien Tanaman Padi Varietas Ir64 (Oryza Sativa L.) Di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian.*, Vol.3 No. 3, pp. 412-416.
- Nurrochmad, F. 2011. *Sumber Daya Air sebagai Sarana Pendukung Produksi Beras di Indonesia*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan UGM. Yogyakarta.
- Rogers, Danny H. 2007. *Extension Irrigation Engineer Biological and Agricultural Engineering. Mahbub Alam Extension Irrigation Engineer Southwest Research and Extension Center. What is ET? An Evapotranspiration Primer*. Kansas State University, January 2007. Publications from Kansas State University are available on the World Wide Web at: [www.oznet.ksu.edu](http://www.oznet.ksu.edu).
- Sastrodarsono Suyono dan Kensaku Takeda. 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*.
- Soewamo.1991. *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hdrometri)*, Nova. Bandung.

- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*. Jilid kesatu.  
Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Sprong. D.1979. *Lakes in The Humid Tropical Areas of  
The World*. Arrevem of the literature.
- Taslim, H., S. Partohardjono, Djunainah, 1989.  
*Bercocok Tanaman Padi Sawah. Dalam M.  
Ismunadji, Mahyuddin Syam, Yuswandi  
(Editor)*. Buku: Padi 2. Hal:481-505. Pusat  
Penelitian dan Pengembangan Tanaman  
Pangan: Bogor.
- Todd.1983. *Introduction to Hydrology*. Mc Graw Hill.  
USA.

## **BAB IV**

# **KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI**

### **1. Kebutuhan air irigasi**

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Air juga sangat diperlukan untuk kegiatan industri, perikanan, pertanian dan usaha-usaha lainnya. Dalam penggunaan air sering terjadi kurang hati-hati dalam pemakaian dan pemanfaatannya sehingga diperlukan upaya untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air melalui pengembangan, pelestarian, perbaikan dan perlindungan. Dalam pemanfaatan air khususnya lagi dalam hal pertanian, dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan serta pengembangan wilayah, Pemerintah Indonesia melakukan usaha pembangunan di bidang pengairan yang bertujuan agar dapat langsung dirasakan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air.

Dalam memenuhi kebutuhan air khususnya untuk kebutuhan air di persawahan maka perlu didirikan sistem irigasi dan bangunan bendung. Kebutuhan air di persawahan ini kemudian disebut dengan kebutuhan air

irigasi. Untuk irigasi, pengertiannya adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Tujuan irigasi adalah untuk memanfaatkan air irigasi yang tersedia secara benar yakni seefisien dan seefektif mungkin agar produktivitas pertanian dapat meningkat sesuai yang diharapkan.

Air irigasi di Indonesia umumnya bersumber dari sungai, waduk, air tanah dan sistem pasang surut. Salah satu usaha peningkatan produksi pangan khususnya padi adalah tersedianya air irigasi di sawah-sawah sesuai dengan kebutuhan. Kebutuhan air yang diperlukan pada areal irigasi besarnya bervariasi sesuai keadaan. Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Besarnya kebutuhan air irigasi juga bergantung kepada cara pengolahan lahan. Jika besarnya kebutuhan air irigasi diketahui maka dapat diprediksi pada waktu tertentu, kapan ketersediaan air dapat memenuhi dan tidak dapat

memenuhi kebutuhan air irigasi sebesar yang dibutuhkan. Jika ketersediaan tidak dapat memenuhi kebutuhan maka dapat dicari solusinya bagaimana kebutuhan tersebut tetap harus dipenuhi. Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi.

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut: (1) Penyiapan lahan; (2) Penggunaan konsumtif; (3) Perkolasi dan rembesan; (4) Pergantian lapisan air; dan (5) Curah hujan efektif.



**a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan**

Metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlsha (1968) digunakan untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan. Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/s/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$S = M e^k / (e^k - 1) \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan:

- IR : Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)
- M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan

$$M = E_0 + P \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan:

- E<sub>0</sub> : Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 selama penyiapan lahan (mm/hari)
- P : Perkolasi (mm/hari)

$$K = M \times T / S \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

- T : Jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- S : Kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

Jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan, terutama untuk petak tersier. Jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan, bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Hal ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Bilangan 200 mm di atas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bera (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Tanah itu dibiarkan *bera* lebih lama lagi, maka besaran 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (KP-01; 2010). Di bawah ini disajikan Tabel 4.1 mengenai kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

Tabel 4.1 Kebutuhan Air Irigasi Selama  
Penyiapan Lahan

E <sub>o</sub> + 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: Perencanaan Teknik Irigasi KP-01

**b. Kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif**

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut. Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut :

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan:

- $K_c$  : Koefisien tanaman
- $ET_o$  : Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)

Harga-harga koefisien tanaman padi yang diberikan akan dipakai dengan rumus Penman yang telah dimodifikasi, harga-harga tersebut bisa dilihat pada Tabel 4.3 (Doorenbos, J and Pruitt, W. O.,1977)

Tabel 4.2 Harga-harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0,5	1,20		1,10	
1,0	1,20	1,20	1,10	1,10
1,5	1,32	1,27	1,10	1,10
2,0	1,40	1,33	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	1,05
3,0	1,24	1,30	1,05	0,95
3,5	1,12	0	0,95	0
4,0	0		0	

Sumber: Perencanaan Teknik Irigasi KP-01

### c. Perkolasi dan Rembesan

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi (P) 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.

Pada tanah-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.

Tabel 4.3 Harga Perkolasi dari berbagai Jenis Tanah

No.	Macam-macam Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1.	Sandy loam	3-6
2.	Loam	2-3
3.	Clay	1-2

Sumber: Soemarto, 1999

#### **d. Pengantian lapisan air**

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

## **2. Pola tanam**

Pola tanam dapat didefinisikan sebagai pengaturan jenis tanaman atau urutan jenis tanaman yang diusahakan pada sebidang lahan dalam kurun waktu tertentu (biasanya satu tahun). Dalam pengertian pola tanam tersebut ada tiga hal yang perlu diperhatikan yaitu jenis tanaman, lahan dan kurun waktu tertentu (Sosrodimoelyo, 1983). Pola tanam di daerah tropis

seperti Indonesia, biasanya disusun selama 1 tahun dengan memperhatikan curah hujan (terutama pada daerah/lahan yang sepenuhnya tergantung dari hujan). Penentuan pola tanam sangat dipengaruhi ketersediaan air dan keadaan lingkungan seperti kondisi fisik kimia tanah. Kassam *et al.* (1978) menjelaskan bahwa di daerah tropis, kendala utama yang membatasi musim tanam di sawah tadah hujan adalah ketersediaan air. Penentuan pola tanam akan berbeda untuk wilayah yang mengalami defisit air tinggi dengan wilayah yang dapat menambah kebutuhan air (irigasi) jika terjadi kekeringan. Lamanya lahan sawah tadah hujan dapat dibudidayakan (*growing season*) bergantung pada lama musim, jumlah dan distribusi hujan.

Kegagalan panen di suatu daerah sering disebabkan oleh curah hujan yang sangat berfluktuatif, dimana pada saat tanaman membutuhkan air, curah hujan menurun drastis atau hujan terlalu tinggi sehingga menimbulkan banjir. Oleh karena itu, perlu dikembangkan strategi budi daya padi sawah tadah hujan yang disesuaikan dengan kondisi iklim setempat. Lima contoh model pola tanam yang biasa dilakukan petani di Indonesia (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2012) yaitu padi-padi-padi,

padi-padi-palawija/sayuran, padi-padi-bero, padi-palawija-bero, dan padi-padi.

Penganekaragaman komoditas tanaman dalam suatu sistem usaha tani dapat berpengaruh terhadap alokasi waktu dan pengelolaan sumberdaya. Selain itu, kalau pelaksanaanya dilakukan pada kondisi optimal akan sangat membantu mengurangi gangguan hama dan penyakit tanaman, serta mempertahankan dan memperbaiki kesuburan tanah yang marginal (Karama dan Suradisastra, 1990).

Penerapan pola tanam pada suatu daerah tergantung dari lingkungan fisik dan lingkungan ekonomi. Pengaruh lingkungan fisik meliputi curah hujan, pengairan atau irigasi, tanah, elevasi, dan temperatur. Faktor curah hujan meliputi jumlah dan kualitas air pengairan, faktor tanah meliputi jenis, kesuburan dan drainase tanah, sedangkan faktor elevasi dan temperatur berhubungan dengan iklim. Sementara faktor sosial, ekonomi dan budaya yang berpengaruh antara lain meliputi kepercayaan, nilai-nilai dan tujuan dalam masyarakat, serta harga-harga input maupun output dan kondisi pasar secara umum. Selanjutnya Sectisaint (1977) mengemukakan bahwa kelembagaan seperti kredit, *land reform*, organisasi petani,



masalah irigasi dan kebijakan pemerintah merupakan lingkungan sosial, ekonomi, politik dan budaya yang mempengaruhi pola tanam.

Berkaitan dengan hal tersebut Soekartawi (1987) menjelaskan bahwa terdapat beberapa faktor sosial ekonomi petani yang mempengaruhi keputusan petani dalam pemilihan pola tanam. Faktor sosial ekonomi tersebut diantaranya adalah usia, tingkat pendidikan, pengalaman petani dalam berusaha tani, jumlah tenaga kerja dalam keluarga, modal tunai untuk sarana produksi, luas lahan garapan, status penguasaan lahan, serta pendapatan dari suatu usaha tani.

Pola tanam dapat mempengaruhi tinggi rendahnya produksi dan pendapatan (Hadisapoetro, 1977). Pengaturan pola tanam dapat meningkatkan produksi sebesar 24,15% dan peningkatan pendapatan sebesar 30,06%, disamping itu dapat menyerap tenaga kerja secara optimal. Dalam meningkatkan produktivitas daya dukung lahan kering, maka pola tanam yang diterapkan harus memberikan keuntungan ekonomi yang tinggi dan memiliki nilai konservasi untuk menjaga kelestarian sebidang tanah (Mokhlis, 1990). Selanjutnya Mushson dan Hamidi (1991) menyatakan bahwa pengaturan pola

tanam akan meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan serta menyelamatkan sumber daya alam dari erosi, kekeringan, ketandusan, dan bahkan dapat meningkatkan kesuburan tanah. Disamping itu dengan pengaturan pola tanam dapat meningkatkan mutu gizi serta mendiversifikasi-kan menu keluarga sekaligus meningkatkan pendapatan petani.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk menyusun suatu pola tanam agar diperoleh keuntungan yang tinggi 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). Memepersingkat 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 dan Gomez, 1983).

Penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan, untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Tabel 4.5 dibawah ini merupakan contoh pola tanam yang dapat dipakai.

Tabel 4.4 Tabel pola tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam dalam satu tahun
1. Tersedia air cukup banyak	Padi - Padi - Palawija
2. Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi - Padi – Bera Padi - Palawija - Palawija
3. Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi - Palawija – Bera Palawija - Padi - Bera

Sumber : S.K. Sidharta. Irigasi dan Bangunan Air. 1997.



Gambar 4.1 Salah satu tahap dalam menanam padi

Tabel 4.5 Perencanaan pola tanam di Kota Mataram

Bulan	Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember		Januari		Pebruari		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Curah Hujan	102.376	94.992	99.455	97.672	34.786	28.186	31.18	19.5	15.68	8.645	5.53	6.244	14.617	10.653	32.65	67.32	103.07	113.38	161.95	112.45	82.84	100.9	104.3	90.43	
Kategori	BB	BL	BL	BL	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BB	BB	BB	BB	BB	BL	BB	BL	
Sifat	AN	AN	AN	AN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	N	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
Musim Tanam	Musim Tanam II		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam II		Musim Tanam II		
Pola Tanam					PADI						LP		LP		PADI		KEDELAI		KEDELAI		PADI		KEDELAI		
													LP		KACANG HJAU		KACANG HJAU								
													LP		UBIJALAR		UBIJALAR								
							JAGUNG				KACANG TANAH														UBI KAYU

Tabel 4.6 Perencanaan pola tanam di Lombok Utara

Bulan	Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember		Januari		Pebruari		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Curah Hujan	118.91	88.328	117.2	73.7	30.53	16.55	26.91	18.7	16.34	4.521	10.07	5.018	15.98	11.79	55.69	103	111.6	121	179.1	133	82.84	100.9	104.3	90.43	
Kategori	BB	BL	BB	BL	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BL	BB	BL	
Sifat	AN	AN	AN	N	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	BN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
Musim Tanam	Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam III		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam I		Musim Tanam II		Musim Tanam II		Musim Tanam II		
Pola Tanam			PADI		LP		PADI		PADI		PADI		PADI		PADI		PADI		PADI		PADI		PADI		
			KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		KACANG TANAH		
			JAGUNG		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		KACANG HJAU		
			UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI JALAR		UBI KAYU		UBI KAYU		UBI KAYU

Sumber: Syaharuddin dan Irawan I. M. (2014).

Di Mataram untuk MT I dimulai pada bulan Agustus II dengan menanam padi (800 ha), kacang hijau (125 ha), ubi jalar (46 ha), kedelai (982 ha), MT II dimulai pada bulan Desember II dengan menanam padi (1340 ha) dan ubi kayu (613 ha), sedangkan MT III dimulai pada bulan April II dengan menanam padi (1.601 ha), jagung (4 ha), kedelai (982 ha), dan kacang tanah (449 ha).

Di Lombok Utara untuk MT I dimulai pada bulan Juni I dengan menanam padi (7.896 ha), MT II dimulai pada bulan Oktober I dengan menanam padi (1.006 ha), jagung kedelai (869 ha), kacang tanah (4.944 ha), dan ubi kayu (1.077 ha), sedangkan MT III dimulai pada bulan Pebruari I dengan menanam padi (2.565 ha), jagung (5.392 ha), kacang tanah (1.899), kacang hijau (76 ha), dan ubi jalar (84 ha).

### **3. Kebutuhan air di sawah**

Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor jenis tanaman, jenis tanah, cara pemberian airnya, cara pengolahan tanah, banyak turun curah hujan, waktu penanaman, iklim, pemeliharaan saluran dan bangunan bendung dan sebagainya.

Banyaknya air untuk irigasi pada petak sawah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NFR = Et_c + P + WLR - Re \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan:

- NFR : *Netto Field Hater Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)
- ET<sub>c</sub> : Evaporasi tanaman (mm/hari)
- P : Perkolasi (mm/hari)
- R<sub>c</sub> : Curah hujan efektif (mm/hari)
- WLR : Penggantian lapisan air

Tabel 4.7 Contoh Kasus Kebutuhan Air Irigasi di Daerah Irigasi  
(Alternatif 1 sampai 12)

Urutan alternatif	Periode Tanaman (Bulan)						NFR (lt/det/Ha)						DR (lt/det/Ha)		
	Padi I		Padi II		Palawija		Padi I		Padi II		Palawija		Padi I	Padi II	Palawija
Alt. - 1	Okt-1	Peb 1	Jun 1	Jun 1	1.25	1.08	0.36	1.92	1.67	0.55					
Alt. - 2	Nop-1	Mar 1	Jul 1	Jul 1	1.12	0.96	0.32	1.72	1.47	0.49					
Alt. - 3	Des-1	Apr 1	Agt 1	Agt 1	0.94	0.93	0.36	1.44	1.43	0.55					
Alt. - 4	Jan-1	Mei 1	Sep 1	Sep 1	0.93	1.30	0.37	1.43	2.00	0.56					
Alt. - 5	Peb-1	Jun 1	Okt 1	Okt 1	1.08	1.27	0.29	1.67	1.96	0.44					
Alt. - 6	Mar-1	Jul 1	Nop 1	Nop 1	0.96	1.18	0.24	1.47	1.82	0.37					
Alt. - 7	Apr-1	Agt 1	Des 1	Des 1	0.93	I.II	0.24	1.43	1.70	0.37					
Alt. - 8	Mei 1	Sep 1	Jan 1	Jan 1	1.30	1.15	0.21	2.00	1.77	0.33					
Alt. - 9	Jun-1	Okt 1	Peb 1	Peb 1	1.27	1.25	0.19	1.96	1.92	0.29					
Alt. - 10	Jul-1	Nop 1	Mar 1	Mar 1	1.18	1.12	0.47	1.82	1.72	0.72					
Alt. - 11	Agt-1	Des 1	Apr 1	Apr 1	1.11	0.94	0.48	1.70	1.44	0.74					
Alt. - 12	Sep-1	Jan 1	Mei 1	Mei 1	1.15	0.93	0.45	1.77	1.43	0.69					

Kebutuhan air di sumbernya dapat diperkirakan dengan rumus:

$$IR = NFR / E_f \dots\dots\dots (4.6)$$

Sedang kebutuhan pengambilan air pada sumbernya adalah:

$$DR = IR / 8,64 \dots\dots\dots(4.7)$$

Keterangan:

- IR : air irigasi (mm/hari)
- $E_f$  : efisiensi yang terdiri dari efisiensi di saluran dan bangunan tersier, sekunder dan primer
- DR : Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/s/ha)
- 1/8,64 : Angka konversi satuan dari mm hari ke lt/s/ha



#### **4. Analisis $ET_o$ , Kasus Daerah Irigasi Sidopangus Kabupaten Semarang**

Daerah Irigasi (DI) Sidopangus berada di bawah wewenang Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Jragung Tuntang. Luas layanan Daerah Irigasi Sidopangus adalah 719 Ha. Nama bendung yang menyediakan air irigasi DI Sidopangus adalah Sidomble. Daerah administrasi yang dilayani adalah Kelurahan Sumurrejo, Desa Kalisidi, dan Desa Keji. DI Sidopangus merupakan salah satu pusat produksi padi di Kabupaten Semarang. Produktifitas padi di DI Sidopangus sampai saat ini masih belum optimal, tengara ini seperti disampaikan oleh petani di daerah layanannya.

Perhitungan  $ET_o$ , membutuhkan data hujan selama minimal 10 tahun untuk tiga stasiun secara simultan. Data curah huja yang dibutuhkan adalah 10 tahun terakhir. Di samping itu dibutuhkan peta DAS DI Sidopangus, termasuk di dalamnya adalah luas DAS nya. Data lain yang sangat penting adalah klimatologi untuk DI Sidopangus. Data ini meliputi suhu udara, kecepatan relatif angin, lama penyinaran matahari, data geografi, dan tekanan udara. Tabel-tabel perhitungan  $ET_o$  disajikan dalam Tabel 4.8 sampai dengan 4.16.

PETA DAERAH IRIGASI (DI) SIDOPANGUS  
Areal : 719 Ha



Gambar 4.2 Peta Daerah Irigasi Sidopangus

Salah satu cara untuk mengatasi kondisi di atas maka perlu diketahui kebutuhan air irigasi DI ini dengan tepat sehingga kebutuhan air irigasi bagi tanaman padi dapat terpenuhi. Kebutuhan air padi sawah meliputi kebutuhan air untuk penyiapan lahan, kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman (evapotranspirasi), kebutuhan air untuk perkolasi (rembesan) dan kebutuhan air untuk pengganti lapisan air.

Tabel 4.8 Pembagian luas daerah Pengaliran Sungai dengan metode Polygon Thiesen

No.	Stasiun Pos Hujan	Luas DAS Pengaruh Stasiun (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiesen	
1	Gunungpati	11.45	0.313	31.293
2	Sumur Jurang	14.63	0.400	39.984
3	PT. Cengkeh Zanzibar	10.51	0.287	28.724
Total Luas		36.59	1.00	100.00

Sumber: Aqil, 2020.

Tabel 4.9 Curah hujan harian maksimum stasiun Gunungpati (mm)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2008	519	537	258	128	157	44	0	57	26	263	347	386
2009	577	468	249	98	304	95	120	17	9	35	205	193
2010	291	329	421	571	348	154	56	71	385	313	291	405
2011	269	264	340	352	192	7	27	0	122	155	868	402
2012	596	310	278	145	85	29	0	0	0	117	294	185
2013	499	298	325	333	316	241	155	60	0	0	369	361
2014	791	443	220	279	172	213	155	48	0	38	188	406
2015	462	336	416	351	108	19	0	0	0	14	165	216
2016	366	505	267	305	291	228	123	104	315	360	345	658
2017	482	483	351	165	70	85	34	0	28	284	646	359
2018	268	507	425	132	98	113	0	0	48	0	217	230

Sumber: Balai PSDA Bodri-Kuto

Tabel 4.10 Curah hujan harian maksimum stasiun Sumur Jurang (mm)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2008	155	191	211	114	13	15	0	47	0	0	1265	536
2009	100	115	60	80	118	51	15	15	80	54	145	115
2010	378	183	364	347	246	42	5	20	166	118	167	393
2011	255	133	191	198	225	0	19	0	123	128	201	488
2012	200	87	133	142	143	6	0	0	0	129	144	418
2013	414	222	363	221	301	206	131	23	22	111	346	254
2014	502	205	270	293	301	224	91	30	0	91	203	384
2015	486	295	432	360	89	22	0	4	0	1	149	317
2016	199	356	283	252	306	213	166	94	382	305	498	610
2017	485	254	129	117	92	34	55	0	108	184	550	282
2018	325	691	162	96	107	81	0	0	61	48	197	377

Sumber: Balai PSDA Bodri-Kuto

Tabel 4.11 Curah hujan harian maksimum stasiun PT. Cengkeh Zanzibar (mm)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2008	675	684	601	402	188	91	0	137	37	328	449	818
2009	839	755	228	341	436	267	83	7	25	64	299	437
2010	666	616	716	627	475	152	86	123	482	301	263	644
2011	416	415	350	559	458	7	94	0	78	125	385	514
2012	766	474	162	263	85	95	0	0	16	91	310	632
2013	650	327	729	661	366	229	202	69	22	167	423	374
2014	600	586	552	351	144	365	205	23	0	70	192	562
2015	903	543	536	304	168	29	2	0	15	0	212	285
2016	368	483	441	440	248	113	66	153	314	432	394	519
2017	582	540	736	515	131	34	97	23	73	270	604	578
2018	348	775	443	92	76	73	0	6	21	28	306	369

Sumber: PT. Zanzibar (2020)

Tabel 4.12 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Kawasan dengan metode Thiessen

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah	Max
2008	418.27	440.88	337.73	201.11	108.33	45.90	0.00	75.98	18.76	176.51	743.35	570.06	3136.88	743.35
2009	461.53	409.29	167.40	160.60	267.55	126.81	67.39	13.33	41.98	50.93	208.01	231.90	2206.72	461.53
2010	433.50	353.06	482.94	497.52	343.70	108.64	44.23	65.54	325.30	231.59	233.38	468.85	3588.25	497.52
2011	305.63	254.99	283.30	349.88	281.60	4.20	43.05	0.00	109.76	135.59	462.57	468.56	2699.13	468.56
2012	486.50	267.94	186.55	177.69	108.03	38.60	0.00	0.00	4.60	114.33	238.62	406.56	2029.42	486.50
2013	508.23	275.94	456.24	382.43	324.36	223.56	158.90	47.79	15.12	92.35	375.31	321.95	3182.19	508.23
2014	620.59	388.91	335.35	305.28	215.54	261.06	143.77	33.62	0.00	68.38	195.15	442.01	3009.66	620.59
2015	598.27	379.06	456.87	341.10	117.64	23.07	0.57	1.60	4.31	4.78	172.10	276.20	2375.57	598.27
2016	299.80	439.11	323.38	322.59	284.65	188.97	123.82	114.08	341.50	358.69	420.25	598.88	3815.71	598.88
2017	511.92	407.81	372.82	246.34	96.32	49.96	60.49	6.61	72.91	240.00	595.55	391.12	3051.85	595.55
2018	313.61	657.55	325.01	105.96	95.12	88.72	0.00	1.72	45.44	27.23	234.41	328.70	2223.49	657.55

Sumber: Aqil, dkk (2020)

Tabel 4.13 Perhitungan curah hujan efektif

No.	Tahun	Curah Hujan Kawasan (mm/Tahun)	No.	Tahun	Curah Hujan Kawasan (mm/Tahun)	P (%)
		Sebelum diurutkan				
1	2008	3136.885	1	2016	3815.706	8.333
2	2009	2206.725	2	2010	3588.249	16.667
3	2010	3588.249	3	2013	3182.193	25.000
4	2011	2699.127	4	2008	3136.885	33.333
5	2012	2029.423	5	2017	3051.850	41.667
6	2013	3182.193	6	2014	3009.663	50.000
7	2014	3009.663	7	2011	2699.127	58.333
8	2015	2375.574	8	2015	2375.574	66.667
9	2016	3815.706	9	2018	2223.488	75.000
10	2017	3051.850	10	2009	2206.725	83.333
11	2018	2223.488	11	2012	2029.423	91.667

Sumber: Aqil, dkk (2020)



Tabel 4.14 Perhitungan Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi dan Palawija

Bulan	Jumlah Hari	$R_{80}$	$Re=70\% \times R_{80}$	$Re \text{ Padi}$	$Re=50\% \times R_{80}$	$Re \text{ Palawija}$
		(mm)	(mm)	(mm/hari)	(mm)	(mm/hari)
Januari	31	461.53	323.07	10.42	230.77	7.44
Februari	28	409.29	286.51	10.23	204.65	7.31
Maret	31	167.40	117.18	3.78	83.70	2.70
April	30	160.60	112.42	3.75	80.30	2.68
Mei	31	267.55	187.28	6.04	133.77	4.32
Juni	30	126.81	88.77	2.96	63.41	2.11
Juli	31	67.39	47.17	1.52	33.69	1.09
Agustus	31	13.33	9.33	0.30	6.66	0.21
September	30	41.98	29.39	0.98	20.99	0.70
Oktober	31	50.93	35.65	1.15	25.46	0.82
November	30	208.01	145.61	4.85	104.01	3.47
Desember	31	231.90	162.33	5.24	115.95	3.74

Sumber: Aqil, dkk (2020)

Tabel 4.15 Data klimatologi lokasi penelitian

Stasiun : Rawa Pening  
 Data geografis : 7° 15' 56,34" LS; 110° 25' 24,38" BT

Uraian	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	okt	nov	des
T (suhu) dalam °C	25	26	25	25	25.5	25	25	26	26	26	25	25.5
Kecepatan. Angin (km/hari)	135.35	69.76	80.72	55.75	51.69	106.3	180.44	176.92	177.54	173.64	132.6	129.39
Kelembaban relatif/Rh (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lama Penyinaran (%)	23.65	30.21	37.68	48.1	43.45	56.07	35.1	67.16	61.83	63.65	35.27	26.74
Tekanan Udara	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90

Sumber: Aqil, dkk (2020)

Tabel 4.16 Ringkasan evapotranspirasi menggunakan metode Penman modifikasi

No	Uraian	Satuan	Keterangan	Bulan													
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des		
1	Temperatur rata rata Bulanan	C	Data	25	26	25	25	25.5	25	25	25	26	26	26	26	25	25.5
2	Ea	m bar	Tabel	31.69	33.62	31.69	31.69	32.655	31.69	31.69	31.69	33.62	33.62	33.62	33.62	31.69	32.655
3	Kelembaban relatif,RH	%	Data	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	Ed	m bar	Ea(RH/100)	31.69	33.62	31.69	31.69	32.655	31.69	31.69	31.69	33.62	33.62	33.62	33.62	31.69	32.655
5	(Ea-Ed)	m bar	Hitung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Kecepatan angin,U	km/hari	Data	135.35	69.76	80.72	55.75	51.69	106.3	180.44	176.92	177.54	173.64	173.64	132.6	129.39	
	Kecepatan angin,U	m/det	Hitung	0.0261	0.013	0.0156	0.0108	0.01	0.0205	0.03481	0.03413	0.03425	0.0335	0.0335	0.0256	0.02496	
7	f(tu)	km/hari	Hitung	0.2761	0.273	0.2736	0.2725	0.2723	0.2748	0.27812	0.27796	0.27799	0.27781	0.276	0.27582		
8	W	-	Tabel	0.745	0.755	0.745	0.745	0.75	0.745	0.745	0.755	0.755	0.755	0.755	0.745	0.75	
9	(1-W)	mm/hari	Hitung	0.255	0.245	0.255	0.255	0.25	0.255	0.255	0.245	0.245	0.245	0.245	0.255	0.25	
10	Ra	mm/hari	Tabel	15.95	16.05	15.55	14.55	13.25	12.6	12.9	13.85	14.95	15.75	15.75	15.9	15.85	
12	Penyinaran matahari,n/N	%	Data	23.65	30.21	37.68	48.1	43.45	56.07	35.1	67.16	61.83	63.65	35.27	26.74		
13	(0.25+0.54n/N)	-	Hitung	0.3777	0.413	0.4535	0.5097	0.4846	0.5528	0.43954	0.61266	0.58388	0.59371	0.4405	0.3944		
14	Rs=Ra(0.25+0.54n/N)	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167	6.4213	6.965	5.67007	8.4854	8.72904	9.35093	7.0033	6.25118		
15	Rns=(1-A)Rs, A=0,25	mm/hari	Hitung	4.5184	4.973	5.2886	5.5625	4.816	5.2238	4.25255	5.6405	5.96478	7.0132	5.2525	4.68838		
16	f(t)		Tabel	15.65	15.9	15.65	15.65	15.775	15.65	15.65	15.9	15.9	15.9	15.9	15.65	15.775	
17	f(Ed)		Hitung	0.0923	0.085	0.0923	0.0923	0.0886	0.0923	0.09231	0.08488	0.08488	0.08488	0.0923	0.08856		
18	f(n/N)		Hitung	0.3129	0.372	0.4391	0.5329	0.4911	0.6046	0.4159	0.70444	0.65647	0.67285	0.4174	0.34066		
19	Rnl=f(t).f(Ed).f(n/N)		Hitung	0.4519	0.502	0.6344	0.7698	0.686	0.8735	0.60081	0.95066	0.88592	0.90803	0.603	0.47593		
20	c		Tabel	1.04	1.05	1.06	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
25	ETo=C (W.(Rns-Rnl) + (1-W).f(t)).(Ea-Ed)	mm/hari	Hitung	3.1507	3.545	3.6755	3.2135	2.7877	2.9169	2.72055	4.49582	4.70134	5.07034	3.8102	3.47527		
26	ETo	mm/bulan	Hitung	97.67	102.8	113.94	96.405	86.42	87.506	84.3369	139.37	141.04	157.181	114.31	107.733		

Sumber: Aqil, dkk (2020)

## 5. Langkah-langkah Analisis ETo Kasus Daerah Irigasi Sidapangus Kabupaten Semarang

- a. Menghitung parameter  $e_a$ , dalam hal ini digunakan tabel hubungan antara  $T$ ,  $e_a$ ,  $w$ , dan  $f(t)$ , seperti disajikan di bawah ini Tabel 4.5.1. Hasil penentuan  $e_a$  berdasarkan Tabel 4.5.1 di atas, seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

Tabel 4.5.1 hubungan antara  $T$ ,  $e_a$ ,  $w$ , dan  $f(t)$

T (suhu) °C	$e_a$ (mbar)	W	$f(t)$
24,00	29,50	0,735	15,40
25,00	31,69	0,745	15,65
26,00	31,62	0,755	15,90
27,00	35,66	0,765	16,10
28,00	37,81	0,775	16,30
28,60	39,14	0,781	16,42
29,00	40,06	0,785	16,50

Sumber: Ariyani, D. (2015: 43)

No	Uraian	Satuan	Keterangan				
				Jan	Feb	Mar	Apr
1	Temperatur rata rata Bulanan	C	Data	25	26	25	25
2	Ea	m bar	Tabel	31.69	33.62	31.69	31.69

- b. Menghitung parameter  $e_d$ , dalam hal ini digunakan persamaan:  $e_d = e_a (RH/100)$  yang satuannya adalah m bar.

3	Kelembaban relatif,RH	%	Data	100	100	100	100
4	Ed	m bar	Ea(RH/100)	31.69	33.62	31.69	31.69

- c. Menghitung parameter  $(e_a - e_d)$  dalam hal ini digunakan persamaan:  $(e_a - e_d)$  yang satuannya adalah mbar.

2	Ea	m bar	Tabel	31.69	33.62	31.69	31.69
3	Kelembaban relatif,RH	%	Data	100	100	100	100
4	Ed	m bar	Ea(RH/100)	31.69	33.62	31.69	31.69
5	(Ea-Ed)	m bar	Hitung	0	0	0	0

- d. Menghitung parameter fungsi kecepatan angin yang dihitung menggunakan data kecepatan angin rata-rata bulanan atau  $u$ , yang mana satuannya adalah km/hari diubah menjadi m/s. Persamaan yang digunakan untuk menghitung  $f(u)$  adalah:  $f(u) = 0,27 \{1 + (u \times 0.864)\}$  yang satuannya adalah m/s.

6	Kecepatan angin,U	km/hari	Data	135.35	69.76	80.72	55.75
	Kecepatan angin,U	m/det	Hitung	0.0261	0.013	0.0156	0.0108
7	$f(u)$	km/hari	Hitung	0.2761	0.273	0.2736	0.2725

- e. Menghitung parameter  $W$  dihitung menggunakan tabel hubungan antara  $T$ ,  $e_a$ ,  $w$ , dan  $f(t)$ , seperti disajikan di Tabel 4.5.1. Hasil penentuan  $W$

berdasarkan Tabel 4.5.1 di atas, seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

8	W	-	Tabel	0.745	0.755	0.745	0.745
9	(1-W)	mm/hari	Hitung	0.255	0.245	0.255	0.255

- f. Menentukan parameter  $R_a$  (angka angot), berdasarkan data letak lintang dalam hal ini adalah LS, seperti disajikan di Tabel 4.5.2. Hasil penentuan  $R_a$  berdasarkan Tabel 4.5.2, seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

No	Uraian	Satuan	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr
1	Temperatur rata rata Bulanan	C	Data	25	26	25	25
2	Ea	m bar	Tabel	31.69	33.62	31.69	31.69
3	Kelembaban relatif,RH	%	Data	100	100	100	100
4	Ed	m bar	Ea(RH/100)	31.69	33.62	31.69	31.69
5	(Ea-Ed)	m bar	Hitung	0	0	0	0
6	Kecepatan angin,U	km/hari	Data	135.35	69.76	80.72	55.75
	Kecepatan angin,U	m/det	Hitung	0.0261	0.013	0.0156	0.0108
7	f(u)	km/hari	Hitung	0.2761	0.273	0.2736	0.2725
8	W	-	Tabel	0.745	0.755	0.745	0.745
9	(1-W)	mm/hari	Hitung	0.255	0.245	0.255	0.255
10	$R_a$	mm/hari	Tabel	15.95	16.05	15.55	14.55

Tabel 4.5.2 Angka angot (Ra) untuk Indonesia yang terletak diantara 50 LU s/d 100 LS

Bulan	Lintang Utara				Lintang Selatan				
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,1
Pebruari	14,0	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,0
Maret	15,0	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,5	15,3
April	15,1	15,5	15,3	15,3	15,1	14,9	14,7	14,4	14,0
Mei	15,3	14,9	14,6	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,6
Juni	15,0	14,4	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	12,6
Juli	15,1	14,6	14,3	14,1	13,7	13,4	13,1	12,7	11,8
Agustus	15,3	15,1	14,9	14,8	14,5	14,3	14,0	13,7	12,2
September	15,1	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	15,0	14,9	13,3
Oktober	15,7	15,1	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	14,6
Nopember	14,8	14,5	14,8	15,1	15,3	15,5	15,8	16,0	15,6
Desember	14,6	14,1	14,4	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,0

Sumber: Ariyani, D. (2015: 43)

- g. Menentukan parameter  $R_s$ , berdasarkan parameter  $R_a$ , dan berdasarkan data kecerahan matahari ( $n/N$ ). Parameter  $R_s$ , dihitung menggunakan persamaan:  $R_s = Ra[0,25 + \{0,54 \times (n/N)\}]$ . Hasil penentuan  $R_s$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

10	$R_a$	mm/hari	Tabel	15.95	16.05	15.55	14.55
12	Penyinaran matahari, $n/N$	%	Data	23.65	30.21	37.68	48.1
13	$(0,25+0,54n/N)$	-	Hitung	0.3777	0.413	0.4535	0.5097
14	$R_s = Ra(0,25+0,54n/N)$	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167

- h. Menentukan parameter  $R_{ns}$ , berdasarkan parameter  $R_s$ . Parameter  $R_{ns}$ , dihitung menggunakan persamaan:  $R_{ns} = (1 - A) R_s$  ;  $A = 0,25$ . Hasil penentuan  $R_{ns}$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

14	$R_s = Ra(0,25 + 0,54n/N)$	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167
15	$R_{ns} = (1-A)R_s, A=0,25$	mm/hari	Hitung	4.5184	4.973	5.2886	5.5625

- i. Menghitung parameter  $f(t)$ , dalam hal ini digunakan tabel hubungan antara  $T$ ,  $e_a$ ,  $w$ , dan  $f(t)$ , seperti disajikan dalam Tabel 4.5.1. Hasil penentuan  $f(t)$ , berdasarkan Tabel 4.5.1, seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

No	Uraian	Satuan	Keterangan				
				Jan	Feb	Mar	Apr
1	Temperatur rata rata Bulanan	C	Data	25	26	25	25
2	$E_a$	m bar	Tabel	31.69	33.62	31.69	31.69
3	Kelembaban relatif,RH	%	Data	100	100	100	100
4	$E_d$	m bar	$E_a(RH/100)$	31.69	33.62	31.69	31.69
5	$(E_a - E_d)$	m bar	Hitung	0	0	0	0
6	Kecepatan angin,U	km/hari	Data	135.35	69.76	80.72	55.75
	Kecepatan angin,U	m/det	Hitung	0.0261	0.013	0.0156	0.0108
7	$f(t)$	km/hari	Hitung	0.2761	0.273	0.2736	0.2725
8	$W$	-	Tabel	0.745	0.755	0.745	0.745
9	$(1-W)$	mm/hari	Hitung	0.255	0.245	0.255	0.255
10	$R_a$	mm/hari	Tabel	15.95	16.05	15.55	14.55
12	Penyinaran matahari, $n/N$	%	Data	23.65	30.21	37.68	48.1
13	$(0,25 + 0,54n/N)$	-	Hitung	0.3777	0.413	0.4535	0.5097
14	$R_s = Ra(0,25 + 0,54n/N)$	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167
15	$R_{ns} = (1-A)R_s, A=0,25$	mm/hari	Hitung	4.5184	4.973	5.2886	5.5625
16	$f(t)$		Tabel	15.65	15.9	15.65	15.65



- j. Menentukan parameter  $f(e_d)$ , berdasarkan parameter  $e_d$ . Parameter  $f(e_d)$ , dihitung menggunakan persamaan:  $f(e_d) = 0,34 - \{0,044 (e_d^{0,5})\}$ . Hasil penentuan  $f(e_d)$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.15 pada sub bab 4.

4	Ed	m bar	Ea(RH/100)	31.69	33.62	31.69	31.69
5	(Ea-Ed)	m bar	Hitung	0	0	0	0
6	Kecepatan angin,U	km/hari	Data	135.35	69.76	80.72	55.75
	Kecepatan angin,U	m/det	Hitung	0.0261	0.013	0.0156	0.0108
7	f(u)	km/hari	Hitung	0.2761	0.273	0.2736	0.2725
8	W	-	Tabel	0.745	0.755	0.745	0.745
9	(1-W)	mm/hari	Hitung	0.255	0.245	0.255	0.255
10	Ra	mm/hari	Tabel	15.95	16.05	15.55	14.55
12	Penyinaran matahari,n/N	%	Data	23.65	30.21	37.68	48.1
13	(0,25+0,54n/N)	-	Hitung	0.3777	0.413	0.4535	0.5097
14	Rs=Ra(0,25+0,54n/N)	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167
15	Rns=(1-A)Rs ,A=0,25	mm/hari	Hitung	4.5184	4.973	5.2886	5.5625
16	f(t)		Tabel	15.65	15.9	15.65	15.65
17	f(Ed)		Hitung	0.0923	0.085	0.0923	0.0923

- k. Menentukan parameter  $f(n/N)$ , berdasarkan parameter  $n/N$ . Parameter  $f(n/N)$ , dihitung menggunakan persamaan:  $f(n/N) = 0,1 + \{0,9 (n/N)\}$ . Hasil penentuan  $f(n/N)$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

12	Penyinaran matahari, n/N	%	Data	23.65	30.21	37.68	48.1
13	$(0,25+0,54n/N)$	-	Hitung	0.3777	0.413	0.4535	0.5097
14	$R_s=R_a(0,25+0,54n/N)$	mm/hari	Hitung	6.0245	6.631	7.0515	7.4167
15	$R_{ns}=(1-A)R_s, A=0,25$	mm/hari	Hitung	4.5184	4.973	5.2886	5.5625
16	$f(t)$		Tabel	15.65	15.9	15.65	15.65
17	$f(E_d)$		Hitung	0.0923	0.085	0.0923	0.0923
18	$f(n/N)$		Hitung	0.3129	0.372	0.4391	0.5329

1. Menentukan parameter  $R_{n1}$ , berdasarkan parameter  $f(t)$ ,  $f(e_d)$ ,  $f(n/N)$ ,. Parameter  $R_{n1}$ , dihitung menggunakan persamaan:  $R_{n1} = f(t) \times f(e_d) \times f(n/N)$ . Hasil penentuan  $R_{n1}$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan table di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

16	$f(t)$	Tabel	15.65	15.9	15.65	15.65
17	$f(E_d)$	Hitung	0.0923	0.085	0.0923	0.0923
18	$f(n/N)$	Hitung	0.3129	0.372	0.4391	0.5329

- m. Menghitung parameter c (angka koreksi bulanan untuk persamaan Penman), dalam hal ini digunakan tabel hubungan antara bulan dan c, seperti disajikan dalam Tabel 4.5.3. Hasil penentuan c, berdasarkan Tabel 4.5.3, seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

Tabel 4.5.3 Angka koreksi bulanan (c) untuk persamaan Penman

<b>Bulan</b>	<b>c</b>	<b>Bulan</b>	<b>c</b>
Januari	1,04	Juli	0,9
Pebruari	1,05	Agustus	1,00
Maret	1,06	September	1,10
April	0,9	Oktober	1,10
Mei	0,9	Nopember	1,10
Juni	0,9	Desember	1,10

20	c	Tabel	1.04	1.05	1.06	0.9
----	---	-------	------	------	------	-----

- n. Menentukan parameter  $ET_o$ , berdasarkan parameter  $c$ ,  $W$ ,  $R_{ns}$ , dan  $R_{nl}$ . Parameter  $ET_o$ , dihitung menggunakan persamaan  $ET_o = c \{ W (R_{ns} - R_{nl}) + (1 - (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)) \}$ . Hasil penentuan  $ET_o$ , berdasarkan persamaan di atas seperti tersaji dalam penggalan tabel di bawah ini. Satuan yang digunakan adalah mm/hari atau mm/bulan. Penggalan tabel di bawah ini merupakan hasil potongan Tabel 4.16 pada sub bab 4.

20	c		Tabel	1.04	1.05	1.06	0.9
25	$ET_o = C \{ W \cdot (R_{ns} - R_{nl}) + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (E_a - E_d) \}$	mm/hari	Hitung	3.1507	3.545	3.6755	3.2135
26	$ET_o$	mm/bulan	Hitung	97.67	102.8	113.94	96.405

Tabel penggalan di atas mendeskripsikan mengenai nilai evapotranspirasi potensial metode Penman modifikasi. Pada bulan Januari ditunjukkan evapotranspirasi potensial sebesar 3,151 mm/hari atau 97,67 mm/bulan. Hasil lengkap perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman modifikasi dapat dilihat dalam Tabel 4.16 pada sub bab 4.

## **6. Langkah-langkah Analisis Kebutuhan Air Irigasi atau DR (debit aliran di bangunan *intake*) Kasus Daerah Irigasi Sidopangus Kabupaten Semarang**

Langkah - langkah menganalisis kebutuhan air irigasi terdiri dari dua Langkah, yaitu (1) kebutuhan air selama persiapan lahan (IR); dan (2) kebutuhan Air Irigasi (DR).

Contoh perhitungan analisis kebutuhan air selama persiapan lahan (IR) pada bulan Januari seperti diuraikan di bawah ini.

- a. Menentukan nilai evaporasi terbuka yang diambil 1,1  $E_{T_0}$  selama penyiapan lahan, yaitu:  $E_0 = 1,1 E_{T_0}$  yang besarnya adalah  $1,1 \times 3,151 = 3,47$  mm/hari;

- b. Menentukan besarnya perkolasi, yaitu  $P=2\text{mm/hari}$ ;
- c. Menentukan nilai besaran kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang dijenuhkan ( $M$ ), yaitu:  $M = E_o + P$ , yang besarnya adalah  $3,47+2,0=5,47$  mm/hari;
- d. Jangka waktu penyiapan lahan  $T = 45$  hari. Air yang dibutuhkan untuk penjenuhan ditambah dengan  $50$  mm adalah  $S = 250$  mm
- e. Menentukan konstanta  $k$ , yang dihitung menggunakan persamaan:  $k = (M \times T)/S = (5,47 \times 45)/250 = 0,98$ ;
- f. Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan IR, yaitu:  $IR = M_e^k / (e^k - 1) = 5,47 \times e^{0,98} / (e^{0,98} - 1) = 8,73$  mm

Perhitungan kebutuhan air selama persiapan lahan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.1 dibawah ini.

Tabel 4.6.1 Perhitungan kebutuhan air selama persiapan lahan

Uraian	Satuan	Bulan												
		Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nop	Des	
$E_{T_0}$	mm/Hari	3.15	3.54	3.90	3.68	3.21	2.79	2.92	2.72	4.50	4.70	5.07	3.81	3.48
$E_0=1,1 \times E_{T_0}$	mm/Hari	3.47	3.90	4.04	3.53	3.07	3.21	2.99	4.95	5.17	5.58	4.19	3.82	
P	mm/Hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
$M=E_0+P$	mm/Hari	5.47	5.90	6.04	5.53	5.07	5.21	4.99	6.95	7.17	7.58	6.19	5.82	
<b>T</b>	<b>S</b>													
(hari)														
30	250 mm	0.66	0.71	0.73	0.66	0.61	0.63	0.60	0.83	0.86	0.91	0.74	0.70	
	300 mm	0.55	0.59	0.60	0.55	0.51	0.52	0.50	0.69	0.72	0.76	0.62	0.58	
45	250 mm	0.98	1.06	1.09	1.00	0.91	0.94	0.90	1.25	1.29	1.36	1.11	1.05	
	300 mm	0.82	0.88	0.91	0.83	0.76	0.78	0.75	1.04	1.08	1.14	0.93	0.87	
30	250 mm	11.36	11.63	11.72	11.41	11.12	11.21	11.08	12.28	12.43	12.69	11.81	11.58	
	300 mm	12.98	13.24	13.32	13.02	12.75	12.83	12.70	13.87	14.01	14.26	13.41	13.19	
45	250 mm	8.73	9.02	9.11	8.78	8.47	8.56	8.42	9.73	9.89	10.18	9.22	8.97	
	300 mm	9.77	10.05	10.14	9.81	9.52	9.61	9.47	10.73	10.88	11.16	10.24	10.00	

Sumber: Aqil, dkk (2020)

Keterangan:

- IR : kebutuhan air irigasi selama persiapan lahan (mm/hari)
- $E_f$  : efisiensi yang terdiri dari efisiensi di saluran dan bangunan tersier, sekunder dan primer
- $e$  : 2,718
- P : Perkolasi
- M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi disawah yang sudah dijenuhkan,  $M = E_o + P$  (mm/hari);
- K :  $MT/S$
- $E_o$  : Evaporasi air terbuka yang diambil  $1,1 \times E_{to}$  selama penyiapan lahan (mm/hari);
- T : Jangka waktu penyiapan lahan (hari);
- S : Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50, yakni  $200 + 50 = 250$  mm.

Contoh perhitungan analisis kebutuhan air irigasi (DR) pada bulan Maret yang menggunakan pola tanam padi-padi-palawija yang mana Masa Tanam ke-1 dimulai pada bulan Agustus minggu ke-2, hasilnya seperti diuraikan di bawah ini.

- Menentukan nilai  $ET_{co} = ET_o \times C = 3,68 \times 1,05 = 3,864$  mm/hari;
- Menentukan nilai  $P=2$  mm;
- Menentukan nilai  $Re=3,78$  mm;
- Menentukan nilai  $WLR=1,65$ ;

- e. Menentukan nilai  $NFR = (ET_c + P + WLR - R_e)/8,64 = (3,864 + 2_{1,65} - 3,78)/8,64 = 0,43 \text{ l/s/Ha}$ ;
- f. Menentukan nilai  $DR = NFR/0,65 = 0,43/0,65 = 0,66 \text{ l/s/ Ha}$ .

Tabel 4.6.2 Perhitungan kebutuhan air irigasi dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija awal tanam dimulai Agustus minggu ke-2

Bulan	Periode Tanam	Re Padi	Re Pala	Eto	P	WLR	Koefisien Padi			Koefisien Palawija			Etc		NFR		DR	
							C1	C2	C	C1	C2	C	Padi	Pala	Padi	Pala	Padi	Pala
Jan	1	10.42	7.44	3.15	2		LP	LP					8.73		0.04		0.05	
	2	10.42	7.44	3.15	2		LP	LP					8.73		0.04		0.05	
Feb	1	10.23	7.31	3.54	2		1.10	LP					9.02		0.09		0.14	
	2	10.23	7.31	3.54	2		1.10	1.10	1.10				3.90		-0.50		-0.77	
Mar	1	3.78	2.70	3.68	2		1.05	1.10	1.08				3.95		0.25		0.39	
	2	3.78	2.70	3.68	2	1.65	1.05	1.05	1.05				3.86		0.43		0.66	
Apr	1	3.75	2.68	3.21	2	1.65	0.95	1.05	1.00				3.21		0.36		0.55	
	2	3.75	2.68	3.21	2	1.65	0.00	0.95	0.48				1.53		0.17		0.25	
Mei	1	6.04	4.32	2.79	2	1.65		0.00	0.00				0.00		-0.28		-0.43	
	2	6.04	4.32	2.79	2					0.75	0.50	0.63	1.74		-0.07		-0.10	
Jun	1	2.96	2.11	2.92	2					1.00	0.75	0.88	2.55		0.28		0.43	
	2	2.96	2.11	2.92	2					1.00	1.00	1.00	2.92		0.32		0.50	
Jul	1	1.52	1.09	2.72	2					0.82	1.00	0.91	2.48		0.39		0.60	
	2	1.52	1.09	2.72	2					0.45	0.82	0.64	1.73		0.31		0.47	
Agu	1	0.30	0.21	4.50	2								0.45	0.45	2.02		0.68	
	2	0.30	0.21	4.50	2		LP	LP					9.73		1.32		2.04	
Sep	1	0.98	0.70	4.70	2		LP	LP					9.89		1.26		1.94	
	2	0.98	0.70	4.70	2		1.10	LP					9.89		1.26		1.94	
Okt	1	1.15	0.82	5.07	2		1.10	1.10	1.10				5.58		0.74		1.14	
	2	1.15	0.82	5.07	2		1.05	1.10	1.08				5.45		0.73		1.12	
Nov	1	4.85	3.47	3.81	2	1.65	1.05	1.05	1.05				4.00		0.32		0.50	
	2	4.85	3.47	3.81	2	1.65	0.95	1.05	1.00				3.81		0.30		0.46	
Des	1	5.24	3.74	3.48	2	1.65	0.00	0.95	0.48				1.65		0.01		0.01	
	2	5.24	3.74	3.48	2	1.65		0.00	0.00				0.00		-0.18		-0.28	
<b>MAX</b>													<b>1.323</b>	<b>0.441</b>	<b>2.036</b>	<b>0.678</b>		

Sumber: Aqil, dkk (2020)



## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Richard G., Pariera, Louis S., Raes, Dirk, dan Smith Martin. 1998. *FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirement)*. FAO Rome.
- Ariyani, D. 2015. Hidrologi. Jakarta: Universitas Pancasila.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 1986. *Standar perencanaan irigasi: Kriteria perencanaan bagian jaringan irigasi KP 01*. Jakarta: DPU.
- Ditjen Tanaman Pangan. 2012. *Pedoman Pelaksanaan Program Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Pangan Untuk mencapai Sawsembada dan Sawsembada Berkelanjutan*. Jakarta: Dirjen Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian.
- Doorenbos, J and Pruitt, W. O.. 1977. *FAO Irrigation And Drainage Paper 24 Guidelines for predicting crop water requirements*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.
- Gomez, A. A., and K. A. Gomez. 1983. *Multiple Cropping in the Humid Tropics of Asia*. Canada: IIRC.
- Hadisapoetro, S. 1977. *Biaya dan Pendapatan dalam Usahatani*. Yogyakarta: Fakultas Pertanian UGM.

- Karama, S., dan K. Suradisastra. 1990. *Sustainability Sistem Produksi Pertanian Tanaman Pangan*. Makalah disampaikan pada Rapat Kerja Pusat Peneliiian dan Pengembangan Tanaman Pangan 30 Mei - 30 Juni 1990 di Ujung Pandang.
- Kassam, A.H. 1978. *Agroclimatic Suitability Assesment of Rainfed Crops in African by Growing Period Zones*, FAQ, P 73.
- Mokhlis. 1990. *Dasar-dasar Pemetaan Pola tanam Lahan Kering. Sumbawa Besar*. Latihan Petugas Pembina Petani Transmigrasi.
- Muchson, M., dan H. Hamidi. 1991. *Alternatif Pola Pergiliran Tanamanpada Areal Sawah baru di kabupaten Lombok Barat*. Mataram: Fakultas Pertanian Universitas Mataram.
- Sectisaint M. 1977. *Farm and Agregate Level of Multiple Cropping Symposium on Cropping System Research Ana Development for Asia Rice Farmer*. Philippines (PH): IRRI Los Banos.
- Sidharta, SK. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta: Gunadarma.
- Soekartawi. 1987. *Prinsip Dasar Ekonomi Pertanian Teori dan Aplikasinya*. Jakarta: Rajawali Press.
- Soemarto, C.D., 1999. *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.

- Sosrodarsono S. dan Kensaku T. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sosrodimoelyo, S. 1983. *Tata Guna Air pada Tingkat Usaha Tani. Volume 2*. Direktorat Jendral Pengairan. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Syahrudin dan Irawan I. M. (2014). *Perencanaan Pola Tanam Tanaman Pangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Tesis Magister ITS Surabaya, Paper 3270473.
- Van de Goor G.A.W. dan Zijlstra G. 1968. *Irrigation requirement for double cropping of low land rice in Malaya*. Wageningen: IRRI Publication

## **BAB V**

# **NERACA AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) UNTUK PERTANIAN METODE MJ MOCK**

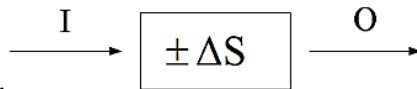
### **1. Neraca air**

Hubungan antara masukan air total dengan keluaran air total yang dapat terjadi pada suatu DAS tertentu umumnya disebut dengan neraca air. Menurut Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur (2004) neraca air adalah gambaran potensi dan pemanfaatan sumberdaya air dalam periode tertentu. Neraca air ini dapat digunakan untuk mengetahui potensi sumberdaya air yang masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (*change in storage*). Nilai perubahan air cadangan ini dapat bertanda positif atau negatif.

Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk, yang tersedia, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu. Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan (Sri Harto, 1993).

$$I = O \pm \Delta S \dots\dots\dots(5.1)$$



Keterangan:

- I : masukan (*inflow*)
- O : keluaran (*outflow*)
- ΔS : Perubahan volume tampungan atau *storage*

Masukan adalah semua air yang masuk ke dalam sistem, sedangkan keluaran adalah semua air yang keluar dari sistem. Perubahan tampungan adalah perbedaan antara jumlah semua kandungan air (dalam berbagai sub sistem) dalam satu unit waktu yang ditinjau, yaitu antara waktu terjadinya masukan dan waktu terjadinya keluaran. Persamaan ini tidak dapat dipisahkan dari konsep dasar yang lainnya (siklus hidrologi) karena pada hakikatnya, masukan ke dalam sub system yang ada, adalah keluaran dari sub sistem yang lain dalam siklus tersebut (Sri Harto, 1993).

Neraca air merupakan hubungan antara masukan air total dan keluaran air total yang terjadi pada suatu DAS yang didalamnya terkandung komponen-komponen seperti debit aliran sungai, curah hujan, evapotranspirasi, perkolasi, kelembaban tanah dan periode waktu. Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air di suatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Menurut Tood (2005: 21) neraca air dirumuskan sebagai berikut:

$$P - Q - G - E - T = \Delta S \dots\dots\dots (5.2)$$

Keterangan:

- P : Presipitasi
- Q : debit
- G : aliran dasar
- E : Evaporasi
- T : Transpirasi

Teknik neraca air sebagai salah satu subjek utama dalam hidrologi, merupakan suatu cara untuk mendapatkan jawaban penting terhadap permasalahan hidrologi, yaitu dalam hal evaluasi kuantitatif sumberdaya air wilayah, serta perubahan akibat intervensi kegiatan manusia. Informasi neraca air lahan dan waduk dalam rentang waktu tertentu diperlukan untuk operasional pengelolaan air waduk dan untuk prakiraan hidrologi. Perhitungan neraca air wilayah juga penting untuk perbandingan potensi sumberdaya air suatu wilayah dengan wilayah lainnya (Nurhayati E., 2015).

Manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain: (1) digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang defisit air; (2) sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air; dan (3) sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti tanaman pangan hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.

Model neraca air cukup banyak, namun yang biasa dikenal terdiri dari tiga model, antara lain, yaitu (1) model Neraca Air Umum; (2) model Neraca Air Lahan; dan (3) model Neraca Air Tanaman. Model Neraca Air Umum, model ini menggunakan data-data klimatologis dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi). Model Neraca Air Lahan, model ini merupakan penggabungan data-data klimatologis dengan data-data tanah terutama data kadar air pada Kapasitas Lapang (KL), kadar air tanah pada Titik Layu Permanen (TLP), dan Air Tersedia (WHC= *Water Holding Capacity*). Kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan tanah tersebut akan terus-menerus diserap akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering. Pada suatu saat akar tanaman tidak lagi mampu menyerap air sehingga tanaman menjadi layu.



Kandungan air pada kapasitas lapang diukur pada tegangan 1/3 bar atau 33 kPa atau pF 2,53 atau 346 cm kolom air. Titik layu permanen adalah kondisi kadar air tanah dimana akar-akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air tanah, sehingga tanaman layu. Tanaman akan tetap layu pada siang atau malam hari. Kandungan air pada titik layu permanen diukur pada tegangan 15 bar atau 1.500 kPa atau pF 4,18 atau 15.849 cm tinggi kolom air. Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman yaitu selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen.

## **2. Faktor-faktor yang mempengaruhi neraca air**

### **a. Curah hujan**

Pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh letak geografis. Hal ini menyebabkan rata-rata curah hujan di Indonesia di setiap wilayah pada setiap tahunnya tidak sama. Namun demikian, secara umum rata-rata curah hujan di Indonesia masih tergolong cukup besar, yaitu berkisar antara 2000-3000 mm/tahun.

Indonesia secara umum dapat dibagi menjadi 3 pola iklim utama dengan melihat pola curah hujan selama setahun. Hal ini didukung oleh Aldrian dan Susanto (2003) yang telah mengklasifikasi iklim Indonesia menjadi (1) Pola hujan *monsunal*; (2) Pola hujan *equatorial*; dan (3) Pola hujan lokal.

Pola ini monsun dicirikan oleh tipe curah hujan yang bersifat unimodial (satu puncak musim hujan) dimana pada bulan Juni, Juli dan Agustus terjadi musim kering, sedangkan untuk bulan Desember, Januari dan Februari merupakan bulan basah. Sedangkan enam bulan sisanya merupakan periode peralihan atau pancaroba (tiga bulan peralihan musim kemarau ke musim hujan dan tiga bulan peralihan musim hujan ke musim kemarau). Daerah yang didominasi oleh pola monsun ini berada didaerah Sumatra bagian Selatan, Kalimantan Tengah dan Selatan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan sebagian Papua.

Pola *hujan equatorial*, yang wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan bimodial dengan dua puncak musim hujan maksimum dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Pola ekuatorial dicirikan oleh tipe curah hujan dengan bentuk *bimodial*

(dua puncak hujan) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau pada saat terjadi *ekinoks*. Daerahnya meliputi pulau Sumatra bagian tengah dan Utara serta pulau Kalimantan bagian Utara.

Pola *hujan lokal*, yang wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan kebalikan dengan pola monsun. Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan *unimodial* (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun. Daerahnya hanya meliputi daerah Maluku, Sulawesi dan sebagian Papua (Tjasjono, B. 2004).

Pada kondisi normal, daerah yang bertipe hujan monsun akan mendapatkan jumlah curah hujan yang berlebih pada saat monsun barat dibanding saat monsun timur. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh monsun di daerah yang memiliki pola curah hujan ekuator kurang tegas akibat pengaruh insolasi pada saat terjadi *ekinoks*, demikian juga pada daerah yang memiliki pola curah hujan lokal yang lebih dipengaruhi oleh efek geografi.

Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh

dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau di sekitar kawasan itu.

## **b. Evaporasi**

Evaporasi adalah berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan air ke udara. Evaporasi merupakan faktor yang penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan komsumtif (*consumptive use*) untuk tanaman dan lain-lain.

Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman atau pepohonan, pada permukaan yang tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (*albedo*) dan hal lain juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dan yang terlindungi dari sinar matahari.

### **c. Transpirasi**

Semua jenis tanaman memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya, dan masing-masing jenis tanaman berbeda-beda kebutuhannya. Hanya sebagian kecil air yang tinggal di dalam tubuh tumbuh-tumbuhan, sebagian besar dari padanya setelah diserap lewat akar-akar dan dahan-dahan akan ditranspirasikan lewat bagian tumbuh-tumbuhan yang berdaun. Transpirasi adalah suatu proses air di dalam tumbuhan dilimpahkan ke dalam atmosfer sebagai uap air.

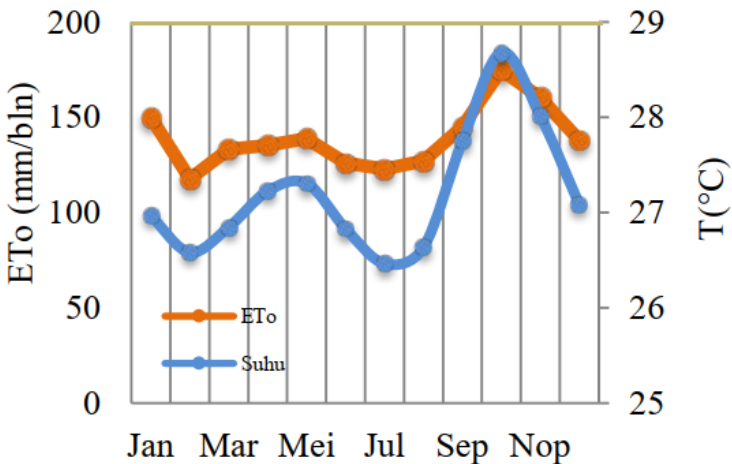
Dalam kondisi lapangan tidak lah mungkin untuk membedakan antara evaporasi dan transpirasi jika tanahnya tertutup tumbuh-tumbuhan. Kedua proses tersebut (evaporasi dan transpirasi) saling berkaitan sehingga dinamakan evapotranspirasi. Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari.

### **d. Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi adalah kombinasi antara proses penguapan air bebas (evaporasi) dengan penguapan air melalui tanaman (transpirasi). Evapotranspirasi adalah faktor dasar guna menentukan kebutuhan air dalam

rencana irigasi; di samping itu, merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi.

Evapotranspirasi potensial adalah penguapan yang terjadi apabila ketersediaan air cukup untuk pertumbuhan tanaman. Perhitungannya menggunakan suhu rerata bulanan sehingga diperoleh hasil seperti pada Gambar 5.1. Berdasarkan gambar tersebut peningkatan suhu udara berbanding lurus dengan peningkatan nilai evapotranspirasi potensial (Dianitasari R. dan Purnama S. 2017).



Gambar 5.1 Contoh pola suhu dan evapotranspirasi potensial di DAS Gondang Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur

Gambar 5.1 menunjukkan bahwa nilai kelebihan dan kekurangan air diperoleh dari hubungan antara hujan ( $P$ ) dan evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ). Apabila  $P < ET_0$ , akan memicu terjadinya kekurangan air sehingga diperlukan tambahan air yang diperoleh dari lensa tanah. Sebaliknya, jika  $P > ET_0$ , kelembaban tanah akan kembali terisi dan sisanya akan menjadi aliran yang dikeluarkan langsung maupun berangsur-angsur (disebut sebagai mata air).

Nilai surplus tertinggi terjadi pada Bulan Desember dan terendah pada Bulan April. Hal ini dikarenakan pada Bulan April mulai memasuki musim kemarau sehingga terjadi penurunan curah hujan. Surplus yang terjadi berkisar antara 107 – 212 mm/bulan. Kondisi defisit tertinggi terjadi pada Bulan Oktober dengan nilai mencapai 189 mm/bulan. Defisit yang terjadi berkisar antara 20 – 170 mm/bulan.

### **3. Kebutuhan air irigasi**

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Air juga sangat diperlukan untuk kegiatan industri, perikanan, pertanian dan usaha-usaha lainnya. Dalam

penggunaan air sering terjadi kurang hati-hati dalam pemakaian dan pemanfaatannya sehingga diperlukan upaya untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air melalui pengembangan, pelestarian, perbaikan dan perlindungan. Dalam pemanfaatan air khususnya lagi dalam hal pertanian, dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan serta pengembangan wilayah, Pemerintah Indonesia melakukan usaha pembangunan di bidang pengairan yang bertujuan agar dapat langsung dirasakan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air.

**a. Curah Hujan Andalan**

$R_{80}$  diperoleh dengan cara mengurutkan data hujan bulan maksimal, adapun rumus yang digunakan adalah:

$$m = (n/5) + 1 \dots\dots\dots(5.3)$$

Keterangan:

- m : Data urutan ke  $m$  yang akan digunakan sebagai  $R_{80}$
- n : Jumlah tahun pengamatan



## **b. Curah Hujan Efektif**

Curah hujan efektif adalah curah hujan andalan yang jatuh di suatu daerah dan digunakan tanaman untuk pertumbuhan. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah yang harus diperkirakan dari titik pengamatan (mm) (Sosodarsono, 1980). Penentuan curah hujan efektif didasarkan atas curah hujan bulanan, yaitu menggunakan  $R_{80}$  yang berarti kemungkinan tidak terjadinya adalah 20%. Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahunan, yang mana persamaannya sebagai berikut:

$$R_e = 0,7 \times \frac{1}{15} (R_{80}) (15) \dots\dots\dots (5.4)$$

Keterangan:

- $R_e$  : Curah hujan efektif (mm/hari)
- $R_{80}$  : Curah hujan yang kemungkinan tidak terpenuhi sebesar 20% (mm)

**c. Debit Andalan**

Debit andalan adalah debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin. Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%. Perhitungan debit andalan yang baik dapat diperoleh jika data pencatatan debit yang dikoleksi merupakan data jangka waktu panjang, hal ini untuk mengurangi terjadinya penyimpangan data yang terlalu besar. Tingkat keandalan debit dapat terjadi berdasarkan probabilitas kejadian, mengikuti rumus Weibull (Sri Harto, 1993):

$$P (\%) = \frac{m_2}{n_2 + 1} \times 100\% \dots\dots\dots (5.5)$$

Keterangan:

- p(%) : Probabilitas atau peluang terjadinya hujan (%)
- m<sub>2</sub> : Nomor urut data
- n<sub>2</sub> : Jumlah data

#### **d. Efisiensi Irigasi**

Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama dari unjuk kerja suatu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi terdiri atas efisiensi pengaliran pada umumnya terjadi di jaringan utama dan efisiensi di jaringan sekunder. Efisiensi irigasi didasarkan asumsi bahwa sebagian dari jumlah air yang diambil akan hilang baik di saluran maupun di petak sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi dan rembesan. Kehilangan air akibat evaporasi dan rembesan pada umumnya relatif kecil jika dibandingkan dengan kehilangan air akibat eksploitasi, sehingga pemberian air di bangunan pengambilan atau *intake* harus lebih besar dari kebutuhan air di sawah.

#### **e. Luas Daerah Irigasi**

Penentuan besarnya debit andalan dari suatu sungai selain diperlukan data hujan dan klimatologi juga perlu diketahui luas DAS dari sungai yang akan dihitung debit andalannya. Data daerah aliran sungai (DAS), dibagi berdasarkan pola aliran limpasan permukaan menuju salurannya, elevasi tertinggi dan jalan yang umumnya merupakan batasan dari DAS tersebut. Berdasarkan

kriteria tersebut, maka pembagian DAS dapat dilihat pada Gambar 4.3 Peta DAS Irigasi Sidopangus di BAB IV buku ini.

#### **f. Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi (*hydrolic cycle*) merupakan peredaran air di bumi secara alami, dari laut karena panas bumi berubah menjadi uap air (*evaporasi*), karena adanya angin, uap air tadi sebagian bergerak kearah daratan dan mengalami pemampatan atau kondensasi, dan setelah titik jenuhnya terlampaui maka akan jatuh kembali ke bumi sebagai hujan. Air hujan sebagian besar akan mengalir di permukaan sebagai air permukaan (*surface run off*) dan sebagian kecil akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) yang apabila terus meresap sampai zona jenuh akan menjadi air tanah. Bagian yang meresap dekat dengan permukaan maka akan menguap kembali lewat tanaman (*evapotransportasi*) atau penguapan pada tubuh air yang terbuka (*evaporasi*), sedangkan aliran permukaan akan bermuara di laut dan siklus ini akan berlangsung terus menerus.

## 1) Hujan

Hujan juga sering disebut presipitasi, adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang dapat berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Kejadian hujan diklasifikasikan menurut intensitasnya (Seiler dan Gat, 2007) sebagai berikut: (1) rendah dengan intensitas  $< 2,5$  mm/jam, (2) sedang dengan intensitas 2,6 sampai dengan 7,5 mm/jam, dan (3) tinggi dengan intensitas  $> 7,6$  mm/jam.

Curah hujan rata-rata yang terjadi di suatu wilayah, diperkirakan berdasarkan titik-titik pengamatan curah hujan. Stasiun pengamat/penakar hujan hanya memberikan tebal hujan di titik di mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Dalam analisis hidrologi penentuan hujan rerata pada suatu wilayah/kawasan salah satunya dapat menggunakan metode isohiet. Hujan efektif (*effective rainfall*) atau hujan berlebihan (*excess rainfall*) adalah bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Hujan efektif adalah sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah

dikurangi dengan kehilangan air atau abstraksi yang meliputi air yang hilang karena terinfiltrasi, tertahan dalam cekungan-cekungan di permukaan tanah (*depression storage*) dan akibat adanya penguapan.

## **2) Infiltrasi**

Pengertian infiltrasi adalah proses aliran air (umumnya berasal dari curah hujan) masuk ke dalam tanah (gerakan air ke arah vertikal). Setelah lapisan bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat adanya gaya gravitasi bumi yang dikenal sebagai proses perkolasi (Asdak, 2002).

Pada tekstur tanah pasir, laju infiltrasi akan sangat cepat, pada tekstur lanau laju infiltrasi adalah sedang hingga cepat dan tekstur liat laju infiltrasi tanah akan lambat (Syarief, 1989). Hubungan antara tekstur tanah dengan laju infiltrasi ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hubungan antara tekstur tanah permukaan dengan tingkat Infiltrasi

<b>Tekstur tanah</b>	<b>Tingkat infiltrasi</b>	<b>Klasifikasi menurut Metode Cook</b>
Pasir, pasir bergeluh	Tinggi	Pasir dalam, tanah teragregasi baik
Geluh berpasir, geluh berlanau, geluh. Geluh berlempung	Normal	Tanah geluh. tanah berstruktur liat
Lempung	Lambat	Infiltrasi lambat, tanah lempung
Batuan dengan lapisan tanah tipis	Tidak efektif	Tak ada penutup tanah yang efektif, batuan padatan tipis

Sumber: Mejerink, 1970

#### **4. Perhitungan Simulasi Hujan-Debit Aliran Sungai Model F.J. Mock**

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan *top-soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Aliran dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung dipermukaan tanah (*direct run off*) dan *base flow* (Nurhayati E., 2015).

Dr. F.J Mock, memperkenalkan cara perhitungan simulasi aliran sungai dari data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah aliran sungai. Model ini dihasilkan dari penelitian empiris dengan memasukan data hujan bulanan, evapotranspirasi potensial bulanan dan parameter-parameter fisik lainnya yang sifatnya juga bulanan, sehingga menghasilkan debit aliran simulasi bulanan. Dalam aplikasinya hasil perhitungan simulasi



hujan aliran sungai model Dr. F.J. Mock, perlu dilakukan kalibrasi dengan data pengamatan debit jangka pendek minimal 1 tahun untuk mengetahui ketepatan nilai parameter sebagai input pada model. Prosedur perhitungan model Dr. F.J. Mock sebagai berikut (Montarcih L., 2010):

**a. Hujan**

Nilai hujan bulanan (P,) didapat dari pencatatan data hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan (n).

**b. Menentukan Rata-Rata Bulanan Suhu Udara, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin**

Perhitungan debit andalan, membutuhkan data rata-rata suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin yang diperoleh dari data klimatologi. Data klimatologi yang digunakan diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG). Data yang digunakan untuk perhitungan adalah suhu rata-rata, kelembaban rata-rata, penyinaran matahari selama 12 jam dan kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

**c. Evapotranspirasi potensial**

Metode *Mock* menggunakan rumus empiris dari Penman untuk menghitung evapotranspirasi potensial. Menurut *Penman*, besarnya evapotranspirasi potensial diformulasikan di bawah ini (Hendri S. dan Jahiel R. S., 2007).

$$ET_o = (\Delta H + 0,27D) / (A + 0,27) \dots\dots\dots (5.6)$$

Keterangan:

- ET<sub>o</sub> : Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- H : energi budget  
 :  $H = R(1 - r)(0,18 + 0,55 S) - B(0,56 - 0,092\sqrt{e_d})(0,10 + 0,9 S)$
- D : panas yang diperlukan untuk evapotranspirasi, dan  
 :  $D = 0,35(e_a + e_d)(k + 0,01W)$
- A : *slope vapour pressure curve* pada temperatur rata-rata, dalam mmHg/°F
- B : radiasi benda hitam pada temperatur rata-rata, dalam mm H<sub>2</sub>O/hari
- e<sub>a</sub> : tekanan uap air jenuh pada temperatur rata-rata, dalam mmHg
- R : radiasi matahari, dalam mm/hari
- r : koefisien refleksi. Koefisien refleksi diambil 0,1
- e<sub>d</sub> : tekanan uap air sebenarnya, dalam mmHg
- h : kelembaban relatif rata-rata bulanan, dalam persen (%)

- k : koefisien kekasaran permukaan evaporasi (*evaporating surface*). Koefisien kekasaran evaporasi diambil 1,0
- w : kecepatan angin rata-rata bulanan, dalam km/jam

**d. Evapotranspirasi *actual***

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (Hendri S. dan Jahiel R. S., 2007):

$$E_a = E_p - \Delta E \dots\dots\dots (5.7)$$

$$\Delta E = E_a \times (m_1 / 20) \times (18 - n) \dots\dots\dots (5.8)$$

Keterangan:

- $E_a$  : Evapotranspirasi aktual (mm)
- $E_p$  : Evapotranspirasi potensial (mm)
- n : Jumlah hari hujan
- $m_1$  : Prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditaksir dari tata guna lahan diambil 0% untuk lahan dengan hutan lebat,
- $m_1$  : diambil 0% pada akhir musim hujan, yang mana ditambah 10% setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder
- $m_1$  : 10-40% untuk lahan yang terisolasi
- $m_1$  : 20-50% untuk lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang, perkebunan)

**e. *Water Surplus***

Keseimbangan air di permukaan tanah dihitung berdasarkan besarnya curah hujan bulanan dikurangi nilai evapotranspirasi *actual* rata-rata bulanan sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut (Hendri S. dan Jahiel R. S., 2007):

$$SS = R - E_a \dots\dots\dots (5.9)$$

Keterangan:

- R : Curah hujan (mm)
- SS : presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi (mm)
  - : Nilainya positif jika  $P > E_a$ , air masuk ke dalam tanah (mm)
  - : Nilainya positif jika  $P < E_a$ , sebagian air tanah akan keluar sehingga terjadi defisit
- Aliran permukaan (hujan lebat) :  $P_F$  (faktor aliran hujan lebat) x curah hujan

*Soil storage* (Perubahan kandungan air tanah) tergantung dari harga SS. Bila harga SS negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila SS positif akan menambah kekurangan kapasitas

kelembaban tanah bulan sebelumnya. *Soil Moisture Capacity* (SMC) adalah volume air yang diperlukan untuk mencapai kapasitas kelengasan tanah. Biasanya diambil 50 sampai dengan 250 mm.

*Water surplus* adalah volume air yang akan masuk ke permukaan tanah, yaitu  $WS = (R - E_a) - SS$ , dan  $WS = 0$  jika  $(R - E_a) < SS$ . Simpanan awal atau *Initial Soil Moisture Storage* (ISMS) didefinisikan sebagai besarnya volume pada saat permulaan mulainya perhitungan. Ditaksir sesuai dengan keadaan musim, untuk musim hujan nilainya bisa sama dengan SMC, tetapi untuk musim kemarau pada umumnya dipakai data kadar air tanah.

**f. Perhitungan *Base Flow*, *Direct Off* dan *Storm Run Off***

Menurut Mock, besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan dengan koefisien infiltrasi ( $i_f$ ), atau persamaanya seperti tersaji di bawah ini.

$$i = WS - i_f \dots \dots \dots (5.10)$$

Keterangan:

- SS : *soil storage* (mm)
- WS : *Water surplus* (mm)
- ISMS : *initial soil moisture storage* (mm) yang merupakan (tampungan kelembaban tanah awal)

- SMS : *soil moisture storage* (mm) yang merupakan tampungan kelembaban tanah
- SMS :  $SMS = ISMS + (R - E_a)$
- SMC : *soil moisture capacity*
- : SMC = 200 mm/bulan, jika  $R - E_a \geq 0$
- :  $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (R - E_a)$ , jika  $R - E_a < 0$

Koefisien infiltrasi ( $i_f$ ) ditentukan oleh kondisi porositas serta kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang bersifat poros pada umumnya mempunyai koefisien yang cenderung besar; namun jika kemiringan tanahnya terjal yang mana air tidak sempat mengalami proses infiltrasi ke dalam tanah maka koefisien infiltrasinya cenderung kecil. Pada kondisi tanah yang sama, infiltrasi yang terjadi berbanding terbalik dengan besaran infiltrasinya. Makin besat tingkat kekeringan yang terjadi, maka makin besar nilai infiltrasinya.

$i_f$  ini mempunyai kisaran nilai antara 0,25 sampai dengan 0,50. Penentuan besarnya  $i_f$  harus mempertimbangkan besar curah hujan yang terjadi. Perubahan dari satu bulan ke bulan lainnya harus diikuti atau berbanding terbalik dengan perubahan  $I_f$ .

Zona tampungan air tanah (*groundwater storage*, disingkat GS) dirumuskan seperti tersaji di bawah ini.

$$GS = \{0,5 x (1 + K) xi\} + \{K x GSom\} \dots\dots\dots (5.11)$$

Konstanta resesi aliran (K) adalah proporsi dari air tanah bulan yang lalu yang masih ada di bulan sekarang. Nilai K cenderung lebih besar pada bulan yang mana bulan sebelumnya merupakan bulan basah. Penentuan parameter Mock ini berkisar diantara 0,7 sampai dengan 0,95. Besaran Mock ini berbeda-beda disetiap bulannya yang mengikuti kecenderungan P sebelumnya.

Perubahan *groundwater storage* ( $\Delta GS$ ) adalah selisih antara *groundwater storage* bulan yang ditinjau dengan *groundwater storage* bulan sebelumnya. Perhitungan *Base flow* dihitung dalam bentuk persamaan di bawah ini.

$$BF = i - \Delta GS \dots\dots\dots (5.12)$$

Sedangkan *direct run off* dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$DRO = WS - i \dots\dots\dots (5.13)$$

Setelah *base flow* dan *direct run off*, komponen pembentuk debit yang lain adalah *storm run off*. Mock menetapkan bahwa: (1) Jika presipitasi ( $R$ ) > *maksimum soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* = 0; dan (2) Jika  $R < \textit{maksimum soil moisture capacity}$  maka *storm run off* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor* atau  $SRO = R \times PF$ .

Percentage factor (RF) merupakan persentase hujan yang menjadi limpasan. RF digunakan dalam perhitungan *SRO* yang hanya dimasukkan ke dalam TRO, jika  $R < 200$  mm/bulan (nilai maksimal *soil moisture capacity*) Besar RF menurut F.J. Mock adalah 5% sampai dengan 10%.

*Total run off* (TRO) merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah antara *base flow*, *direct run off* dan *storm run off*, seperti tersaji dalam persamaan di bawah ini.

$$TRO = BF + DRO + SRO \dots\dots\dots (5.14)$$

*Catchment area* dalam  $km^2$  dikalikan dengan TRO serta dikalikan dengan nilai konversi tertentu maka akan didapatkan besaran debit aliran sungai dalam DAS yang



ditinjau, yang satuannya adalah  $m^3/s$  (Hendri S. dan Jahiel R. S., 2007).

Metode F.J. Mock (1973) menyatakan bahwa hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air, Sebagian akan hilang akibat evapotranspirasi. Sebagian akan menjadi *direct run off*, yang Sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah atau terjadi infiltrasi. Infiltrasi ini akan menjenuh tanah, selanjutnya menjadi perkolasi yang akhirnya air keluar dalam wujud *base flow*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit yang tersedia dalam satuan bulan adalah sebagai berikut.

$$Q_n = (A \times TRO \times 1000) / (H_r \times 24 \times 3600) \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan:

- $Q_n$  : debit yang tersedia bulan ke-n ( $m^3/s$ ) atau stream flow
- A : Luas DAS ( $Km^2$ )
- $H_r$  : Jumlah hari dalam bulan perhitungan

**g. Simulasi Perhitungan Hujan-Debit Aliran Sungai Model F.J. Mock Studi Kasus pada 7° 02' 34" LS sampai dengan 7° 02' 36" LS dan 110° 24' 21" BT-110° 26' 52" BT**

Tabel g.1 Nilai radiasi matahari pada permukaan horizontal di luar atmosfer (mm./hari)

Bulan	Jan	Feb	Maret	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des	Tahun
5°LU	13,7	14,5	15,0	15,0	14,5	14,1	14,2	14,6	14,9	14,6	13,9	13,4	14,39
0°	14,5	15,0	15,2	14,7	13,9	13,4	13,5	14,2	14,9	15,0	14,6	14,3	14,45
5°LS	15,2	15,4	15,2	14,3	13,2	12,5	12,7	13,6	14,7	15,2	15,2	15,1	14,33
10°LS	15,8	15,7	15,1	13,8	12,4	11,6	11,9	13,0	14,4	15,3	15,7	15,8	14,21

Sumber: F.J. Mock (1973)

Tabel g.2 Hubungan temperatur rata-rata dengan parameter evaportranspirasi A, B dan e<sub>a</sub>

Temperatur °C	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
A (mmHg/°F)	0,304	0,342	0,385	0,432	0,484	0,541	0,603	0,671	0,746	0,828	0,917	1,013
B (mmH <sub>2</sub> O/hari)	12,60	12,90	13,30	13,70	14,80	14,50	14,90	15,40	15,80	16,20	16,70	17,10
e <sub>a</sub>	8,05	9,21	10,50	12,00	13,60	15,50	17,50	19,80	22,40	25,20	28,30	31,80

Sumber: F.J. Mock (1973)

Tabel g.3 Koefisien refleksi, r

No.	Permukaan	Koefisien refleksi (r) dalam (%)
1.	Rata-rata permukaan bumi	40
2.	Cairan salju yang jatuh diakhir musim-musim segar	40-85
3.	Spesies tumbuhan padang pasir dengan daun berbulu	30-40
4.	Rumput, tinggi dan kering	31-33
5.	Permukaan padang pasir	24-28
6.	Tumbuhan hijau yang membayangi seluruh tanah	24-27
7.	Tumbuhan muda yang membayangi sebagian tanah	15-24
8.	Hutan musiman	15-20
9.	Hutan yang menghasilkan buah	10-15
10.	Tanah gundul kering	12-16
11.	Tanah gundul lembab	10-12
12.	Tanah gundul basah	8-10
13.	Pasir, basah-kering	9-18
14.	Air bersih, elevasi matahari 45°	5
15.	Air bersih, elevasi matahari 20°	14

Sumber: F.J. Mock (1973)

Tabel g.4 Exposed surface, m

No	Koefisien, m (%)	Daerah
1.	0	Hutan primer, sekunder
2.	10-40	Daerah tererosi
3.	30-50	Daerah ladang pertanian

Sumber: F.J. Mock (1973)

Tabel g.5 Simulasi Perhitungan Hujan-Debit Aliran Sungai Model F.J. Mock Studi Kasus pada 7° 02' 34" LS sampai dengan 7° 02' 36" LS dan 110° 24' 21" BT-110° 26'

Rujukan	No.	Data	Unit	Konst.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
<b>Meteorologi</b>																
data	1	Curah hujan	R, mm/6l	295.4	339.17	80.2	180.07	104.23	22.3	50.83	0	61.63	21	171.87	261.43	
data	2	Iaai hujan	n, hari	18	18	12	10	8	2	3	0	5	2	14	17	
data	3	Jumlah hari	Ih, hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
data	4	Temperatur	T <sub>o</sub> C	26.5	26	28	27.6	28.7	28.1	27.4	27.7	27.8	28.5	28.3	27.4	
data	5	Penyinaran matahari	S%	43	64	72	69	69	66	66	80	83	91	91	51	46
data	6	Kedembaban relatif	h <sub>o</sub> %(desimal)	0.845	0.833	0.788	0.798	0.72	0.74	0.688	0.7	0.718	0.678	0.745	0.78	
data	7	Kecepatan Angin	w <sub>m</sub> /s	4.8	5.1	3.7	3.9	6.4	6.8	6.2	6.2	7	6.4	6	5.2	5.5
<b>Evapotranspirasi Potensial</b>																
Tabel g.1	8	Radi. Mithari	Ran <sub>m</sub> /hr	15.4	15.5	15.14	14.2	12.9	12.2	12.4	13.4	14.6	15.2	15.3	15.2	
Tabel g.2	9	A	mmHg <sup>2</sup> /F	0.85	0.828	0.917	0.9	0.95	0.92	0.89	0.9	0.91	0.94	0.93	0.89	
Tabel g.2	10	B	mmH <sub>2</sub> O/hr	16.33	16.2	16.7	16.6	16.84	16.72	16.55	16.63	16.65	16.68	16.76	16.55	
Tabel g.2	11	ca	mmHg	25.98	25.2	28.3	27.68	29.53	28.48	27.37	27.84	27.99	29.18	28.83	27.37	
Hitung	12	ca-h <sub>o</sub> tea	mmHg	21.9531	20.9916	22.3004	22.08864	21.2616	21.0752	18.83056	19.468	20.09682	19.78404	21.47835	21.3486	
Hitung	13	F1=Ax/(0.18+(0.55x)) / (A+0.27)	T <sub>S</sub>	0.180853	0.26688	0.307315	0.293308	0.296914	0.28203	0.338967	0.352538	0.3873669	0.390217	0.2187825	0.195493	
Hitung	14	F2=AxBr(0.56-(0.092x)(0.5)) / (A+0.27)	T <sub>b</sub>	1.598017	1.691816	1.619708	1.629524	1.780567	1.779302	2.041476	1.968276	1.8948211	1.968008	1.7356909	1.71317	
Hitung	15	F3=0.27*(0.35*(ca-cd)) / (A+0.27)	T <sub>h</sub>	0.33977	0.362198	0.477643	0.45161	0.640462	0.588028	0.69567	0.674585	0.6321233	0.733817	0.57894204	0.490536	
Tabel g.3	16	Koefisien refleksi	r	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Hitung	17	E1=I*(1-r) <sub>ps</sub> akt		2.506618	3.72186	4.187471	3.748472	3.447171	3.096592	3.782874	4.251614	5.0900017	5.338162	3.0126303	2.674346	
Hitung	18	E2=F <sub>2</sub> x(0.1+(0.9x))		0.620031	0.976178	1.051191	1.013564	1.107513	1.058685	1.471904	1.47227	1.5337533	1.615766	0.79842158	0.07886	
Hitung	19	F3-F3x(0.01*w)	k	1	0.580709	0.147943	0.088098	0.073399	0.077351	0.085706	0.102735	0.116358	0.114122	0.127774	0.10407858	
Hitung	20	F1+E1+E2+H3	mm/hari	2.242666	2.893125	3.224378	2.792307	2.417409	2.123713	2.413725	2.895881	3.6503704	3.852169	2.31829203	2.041414	
Hitung	21	E1 <sub>pot</sub> =H <sub>o</sub> E <sub>1</sub> p	mm/bln	69.52265	81.00751	99.95572	83.76922	74.93969	63.7114	74.82547	89.77231	109.51111	119.4173	69.5487698	63.28383	
<b>Evapotranspirasi terbasah</b>																
Tabel g.4	22	Exposed surface (ladang perikanan)	m <sub>o</sub> %	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Data	23	Jumlah hari hujan	n <sub>o</sub> hari	18	18	12	10	8	2	3	0	5	2	14	17	
Hitung	24	AE/E1 <sub>pot</sub> =(m/20)(R+n)	%	0	0	13.5	18	22.5	36	33.75	40.5	29.25	36	9	2.25	
Hitung	25	AE	mm/pulan	0	0	13.49402	15.07846	16.86143	22.9361	25.2536	36.35779	32.032	42.99021	6.25938847	1.423886	
Hitung	26	Is=E1 <sub>pot</sub> -AE	mm/pulan	69.52265	81.00751	86.4617	68.69076	58.07826	40.77529	49.57187	53.41453	77.479112	76.42704	63.2893723	61.85994	
<b>Water surplus</b>																
Hitung	27	R-Ea	SS, mm/pulan	22.58773	258.1625	-6.2612	111.3792	46.15174	-18.4753	1.258128	-53.4145	-15.84912	55.42	108.380628	199.3701	
Hitung	28	SM <sub>0</sub> =ISM <sub>0</sub> +(R-Ea)	mm/pulan	425.8773	458.1625	193.7383	311.3792	246.1517	175.263	201.2581	148.5855	159.41389	144.573	255.166103	358.9839	
Hitung	29	SMC	ISM <sub>0</sub>	200	200	193.7383	200	200	175.263	200	146.5855	159.41389	144.573	255.166103	358.9839	
Hitung	30	Soil storage, jika (R-Ea)>0, maka SS=0	mm/pulan	0	0	6.2612	0	0	18.47529	0	53.41453	15.84912	55.42704	0	0	
Hitung	31	Water surplus=(27+(30))	mm/pulan	22.58773	258.1625	0	111.3792	46.15174	0	1.258128	0	0	0	108.380628	199.3701	

		Total run off												
Konsep		0.3	0.4	0.3	0.27	0.3	0.4	0.3	0.35	0.25	0.5	0.35	0.3	
Hitung	Koefisien infiltrasi	67,632	103,265	0	30,0724	13,84552	0	0,377438	0	0	0	38,0032197	59,87102	
Konsep	Infiltrasi=(3)Xkf	0,9	0,85	0,75	0,88	0,95	0,9	0,75	0,9	0,8	0,92	0,7	0,83	
Konsep	Konstanta resesi aliran	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Hitung	Presentase falirar	64,37504	95,20212	0	28,26805	13,49938	0	0,330259	0	0	0	32,3027367	55,38069	
Hitung	0.5x(1+K)xi	123,21	159,4473	191,2256	168,2785	186,7192	180,1967	135,1476	121,93	97,544025	89,7405	62,8183523	80,85293	
Asumsi	KxGSSom	187,585	254,9674	191,2256	196,5465	200,2186	180,1967	135,4778	121,93	97,544025	89,7405	95,121089	136,234	
Hitung	GSS=GSS-Gsom	50,65504	67,38237	-63,7419	5,320985	3,672057	-20,0219	-44,7189	-13,5478	-24,386006	-7,80352	5,38038576	41,11253	
Hitung	AGS=AGS-Gsom	17,07816	35,88263	63,74185	24,75141	10,17347	20,02186	45,09636	13,54778	24,386006	7,803522	32,6226339	18,75849	
Hitung	Base flow=IAGS	158,1141	154,8975	0	81,30685	32,30622	0	0,890689	0	0	0	70,577408	139,699	
Hitung	Direct run off=WVS-I	0	0	8,02	18,007	10,423	2,23	5,083	0	6,163	2,1	17,187	0	
Hitung	Storm runoff=ExrPF; jika P>200,SRO=0	175,1923	190,7801	71,76185	124,0653	52,90268	22,25186	51,00005	13,54778	30,549006	9,903522	120,367042	158,4575	
Hitung	Total run off=(40)+(41)+(42)	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	
Data	Catchment area													
Hitung	Stream flow=(44)*(63)*1000)/((3)*24*3600) m <sup>3</sup> /s	1,460867	1,785409	0,606589	1,083656	0,447176	0,19456	0,451601	0,114517	0,2666324	0,083713	1,05152879	1,339411	

Sumber: Data diolah oleh penulis (2020)

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E, and R.D., Susanto. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *Int. J. Climatol*, Vol. 23, No. 12, page: 1435-1452.
- Dianitasari R. dan Purnama S. 2017. Analisis Neraca Air Hidrometeorologis Dengan Pendekatan Karakteristik Fisik Das Di Das Gondang, Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 6 (1), 772-779.
- Dinas PU Pengairan. 2004. Laporan Akhir Dinas PU Pengairan Propinsi Jawa Timur. Surabaya: Dinas PU Pengairan Propinsi Jawa Timur.
- Hendri S. dan Jahiel R. S. 2007. Perencanaan Jaringan Irigasi Tambak Memanfaatkan Pasang Surut Air Laut Di Kali Tenggang Kecamatan Genuk Kota Semarang. Tugas Akhir, *Jurusan Teknik Sipil FT Undip Semarang*, pp. 90-107.
- Meijerink, Allard M.J. 1970. *Photo Interpretation in Hydrology, A Geomorphological Approach*. Netherlands : International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Mock, F.J., 1973. *Land Capability Appraisal Indonesia: Water Availability Appraisal*. Basic Study Prepared for the FAO/UNDP Land Capability Appraisal Project, AGL: SF/INS/72/011 Basic Study I. UNDPFAO of The United Nations, Bogor.

- Nurhayati E. 2015. *Model Neraca Air Daerah Aliran Sungai dengan Aplikasi Minitab*. Malang: Universitas Islam Malang.
- Sri Harto.1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Syarief, S. 1989. *Fisika-Kimia Tanah Pertanian*. Bandung: Penerbit Pustaka Buana.
- Tjasjono, B. 2004. *Klimatologi Umum*. Bandung: Penerbit ITB Bandung.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

Alhamdulillah, pembuatan buku teks IRIGASI & BANGUNAN AIR untuk mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Pertanian, Teknologi Pertanian, Teknik Lingkungan, Geografi, dan Sekolah Menengah Kejuruan bidang pertanian telah terselesaikan. Di samping itu, buku ini dapat dimanfaatkan oleh perencana dan praktisi di bidang irigasi dan bangunan air, serta Ahli Teknik Hidraulik. Buku ini, semula disusun untuk memenuhi kebutuhan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, namun pada perkembangannya buku ini dapat digunakan untuk khalayak yang lebih luas. Hal ini disebabkan bahwa kepustakaan tentang irigasi dan bangunan air sangatlah terbatas, terutama yang berkaitan dengan ketersediaan air dan kebutuhan air untuk irigasi serta yang berkaitan dengan struktur bendung.

Materi dalam buku ini merupakan cuplikan dari Standar Perencanaan Irigasi KP-02, KP-04, KP-06, B.I-01 Petunjuk Perencanaan Irigasi dan sejumlah literatur lainnya, hal ini sesuai dengan kebutuhan yang tertulis di dalam silabus Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Oleh



karena itu, penulis mencoba menyetengahkan buku IRIGASI&BANGUNAN AIR ini dalam rangka mengisi kekosongan dan ketersediaan akan buku-buku irigasi dan bangunan air.

Buku ini dijabarkan ke dalam lima bab, yaitu bab tentang sejarah dan pengembangan irigasi di Indonesia; hubungan antara air tanah, udara, dan tanaman; kebutuhan air untuk tanaman; kebutuhan air untuk irigasi, serta ketersediaan air untuk irigasi. Lima bab ini akan memberikan dukungan kepada kompetensi pembaca dalam merencanakan petak irigasi, desain saluran irigasi, desain saluran drainase dalam irigasi dan struktur bendung secara akurat. Pengetahuan dan praktik merencanakan petak sawah, saluran irigasi, saluran drainase irigasi dan struktur bendung tentu saja di luaran masih sangat tersedia yang jumlahnya sangat banyak. Berdasarkan pengetahuan yang anda peroleh dari membaca buku ini, maka pembaca akan siap berkembang lebih pesat lagi, karena isi di dalam buku ini merupakan pondasi bagi mahasiswa atau perencana dan praktisi irigasi serta bangunan air dalam memahami pengetahuan tentang irigasi dan bangunan air di luaran. Oleh karena itu, dalam rangka menambah pengetahuan dan

kemampuan dalam menganalisis ketersediaan air irigasi, kebutuhan air irigasi, desain saluran irigasi dan drainase, serta perencanaan struktur bendung, dipersilakan untuk mempelajari materi dari sumber lain yang berkaitan dengan irigasi dan bangunan air.

## BIOGRAFI PENULIS



Dr. Eng. Yeri Sutopo, M.Pd., M.T. adalah dosen mata kuliah Hidraulika Saluran Tertutup, Hidraulika Saluran Terbuka, Teknik Drainase, dan Teknik Irigasi di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES).

Di samping itu, penulis adalah dosen di program Magister (S2) pada mata kuliah Statistika Terapan, Metode Penelitian dan dosen Program Doktor (S3) pada mata kuliah Pengembangan Instrumen Penelitian Program Pascasarjana (UNNES). Penulis adalah Lektor Kepala di Jurusan Teknik Sipil FT UNNES serta Kepala Pusat Penelitian Saintek di Lembaga Penelitian UNNES Tahun 2007-2009. Penulis merupakan alumnus Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK IKIP Yogyakarta (Drs.) Tahun 1982-1986. Lulusan S2 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan IKIP Jakarta (M.Pd.) 1989-1992. Lulusan Program S2 Teknik Sipil Hidraulik (M.T.) FT UGM Tahun 1999-2002. Lulusan Program Doktor (Dr.) Teknik Sipil FT UGM Tahun 2007-2014.



Karuniadi Satrijo Utomo dilahirkan dan dibesarkan di Yogyakarta pada Maret 1971, meraih sarjana teknik (S.T.) di bidang teknik sipil ditempat kelahiran pada tahun 1998. Bersamaan dengan menjalankan tugas sebagai dosen nasional di Kampus UNNES. Pada tahun 2003 meraih magister teknik (M.T.) di bidang teknik pantai, kelautan, dan kepelabuhan dari Universitas Gadjah Mada di mana gelar terdahulu diperoleh.

Hingga kini terus menjalankan tugas selaku dosen, peneliti, dan praktisi ahli sejalan dengan terus dikembangkannya matakuliah hidraulika, pelabuhan, drainase, bangunan air, dan fisika terapan di Kampus UNNES.



ISBN 978-623-7618-79-9



9 786237 618799