

62152
SRI
D.



OPTIMALISASI PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK IRIGASI

T E S I S

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh :

SRI PURWANTO
NIM. L4A 099 043

PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

Desember 2 0 0 1

UPT-PUSTAK-UNDIP

LEMBAR PERSETUJUAN

T E S I S



OPTIMALISASI PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK IRIGASI

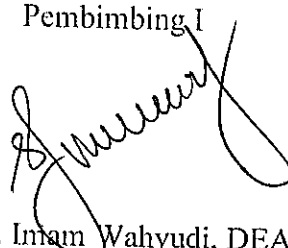
Disusun oleh :

SRI PURWANTO
NIM. L4A 099 043


Disetujui untuk dipresentasikan di depan Tim Penguji

Semarang, 12 Desember 2001

Pembimbing I


Dr. Ir. Imam Wahyudi, DEA

Pembimbing II


Ir. Hari Nugroho, MT

LEMBAR PENGESAHAN

T E S I S



OPTIMALISASI PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK IRIGASI

Disusun oleh :

SRI PURWANTO
NIM. L4A 099 043

Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Tanggal 12 Desember 2001

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro

Tim Penguji :
Ketua

Dr. Ir. Suripin, M. Eng

Anggota

1. Dr. Ir. Imam Wahyudi, DEA

2. Ir. Hari Nugroho, MT

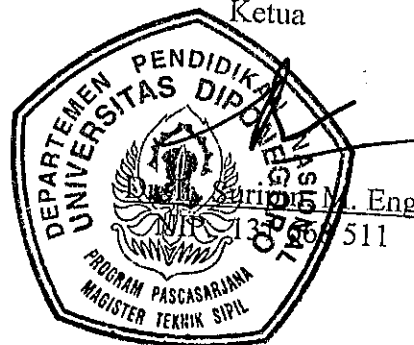
3. Ir. Suharyanto, M.Sc.

4. Ir. Sumbogo Pranoto, MS

Semarang, 12 Desember 2001

Universitas Diponegoro
Program Pasca Sarjana
Magister Teknik Sipil

Ketua



NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Berat tanah kering	gram
AL	Air limpasan	mm
B	Berat tanah basah	gram
DLT _n	Defisit lengas tanah	mm
e	Angka pori	-
E	Evaporasi	mm
EPHE	Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif	%
Epan	Pembacaan panci evaporasi	mm/hari
ET	Evapotranspirasi	mm/hari
ET _n	Evapotranspirasi hari ke n	mm/hari
ET _o	Evapotranspirasi tetapan	mm/hari
G	Berat jenis tanah	gram/mm ³
GEMAK	Genangan maksimum	mm
GEMIN	Genangan minimum	mm
GENOR	Genangan Normal	mm
GH1	Tinggi genangan, sebelum pemberian air	mm
GH2	Tinggi genangan pada akhir minggu	mm
GH _{n-1}	Tinggi genangan hari ke n-1	mm
HE	Hujan efektif	mm
HED _n	Hujan efektif dasar hari ke n	mm
HJ	Hujan	mm
HJ _n	Hujan hari ke n	mm
I	Inflow	mm
ICP _n	Kapasitas intersepsi pada hari ke n	mm

KAA	Kebutuhan areal usaha	mm
KAI	Kebutuhan air irigasi	mm
KAJ	Kapasitas jenuh	mm
KAL	Kapasitas lapang	mm
KAT	Kontribusi air tanah	mm
Kc	Koefisien tanaman	-
Kpan	Koefisien panci	-
LTMIN	Lengas tanah minimum	mm
LTn	Lengas tanah hari ke n	mm
Ma	Masa udara	mm
Mr	Masa butiran tanah kering	mm
Mt	Masa total	mm
Mw	Masa air	mm
n	porositas tanah	%
O	Outflow	mm
P	Perkolasi	mm
PAI	Pemberian air irigasi	mm
Pn	Perkolasi hari ke n	mm
RE	Hujan efektif	mm/hari
RHEKAI	Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi	%
RPKAI	Rasio Pemberian Air dan Kebutuhan Air Irigasi	%
Rs	Curah hujan tengah bulanan	mm/15 hari
S	Derajat jenuh air	%
T	Transpirasi	mm
Va	Volume udara	mm
Vp	Volume pori	mm
Vr	Volume tanah	mm
Vt	Volume total	mm
Vw	Volume air	mm

W	Kadar air	%
W_1	Berat cawan kosong	gram
W_2	Berat cawan + tanah basah	gram
W_3	Berat cawan + tanah kering	gram
W_w	Berat Air	gram
W_s	Berat butiran tanah kering	gram
z	kedalaman tanah	mm
ΔS	Perubahan tampungan	mm
ΔADT	Perubahan air dalam tanah	mm
ΔATT	Perubahan air dalam tubuh tanaman	mm
γ_s	Berat isi butir tanah	gram
γ_w	Berat isi air	gram

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi adalah dengan memanfaatkan hujan efektif secara optimal. Perbedaan teknik pemberian air irigasi dapat berpengaruh terhadap besar hujan efektif yang dimanfaatkan oleh tanaman. Secara umum terdapat 4 (empat) teknik pemberian air irigasi untuk tanaman padi, yaitu pemberian air secara kontinyu, pemberian air secara terjadwal, pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan, dan pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah.

Dalam rangka mencari pemanfaatan air hujan untuk irigasi yang paling optimal, dikembangkan model simulasi hujan efektif yang disusun berdasarkan konsep imbangan air di sawah. Parameter yang diperhitungkan dalam penyusunan model imbangan air di sawah adalah hujan efektif dasar, pemberian air irigasi, evapotranspirasi, perkolasi, perubahan tampungan di lahan dan perubahan lengas tanah di zona perakaran. Untuk menentukan teknik pemberian air yang memanfaatkan air hujan untuk irigasi paling optimal digunakan 5 (lima) indikator, yaitu nilai hujan efektif, efisiensi pemanfaatan hujan efektif (EPHE), rasio hujan efektif dan kebutuhan air irigasi (RHEKAI), rasio pemberian dan kebutuhan air irigasi (RPKAI), serta perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan kebutuhan air irigasi.

Dari analisis dengan menggunakan data-data pada Daerah Irigasi Tinalun Kabupaten Semarang, hasil simulasi menunjukkan, bahwa berdasarkan indikator nilai hujan efektif, efisiensi pemanfaatan hujan efektif, rasio hujan efektif dan kebutuhan air irigasi, rasio pemberian dan kebutuhan air irigasi, serta perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan kebutuhan air irigasi, diperoleh teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai pemanfaatan air hujan paling optimal.

Kata Kunci : hujan efektif, kebutuhan air irigasi, pemberian air irigasi, dan optimalisasi.

ABSTRACT

One method to increase the use efficiency of irrigation water is to harvest effective rainfall optimally. Differences of irrigation water supply technique can influence the effective rainfall used by crop. Generally, there are four kinds of irrigation water supply techniques, they are continuous supply, scheduling supply, controlling supply based on changing of storage, and controlling supply based on changing of soil moisture.

In order to make use of rainfall for irrigation optimally, effective rainfall simulation model has been developed based on water balance in the field. Parameters involved in creating field water balance is basic effective rainfall, distribution irrigation water, evapotranspiration, percolation, change of field storage, and change of soil moisture in root area. To determine irrigation water supply technique using rainfall for irrigation optimally, five indicators are used, they are effective rainfall, the efficiency of using effective rainfall (EPHE), ratio of effective rainfall and irrigation water need (RHEKAI), ratio of and distribution and irrigation water need (RPKAI), and ratio between the sum of effective rainfall and irrigation water supply with irrigation water need.

According to the analysis using data from Tinalun Irrigation Area in Semarang Regency, the result of simulation shows that based on indicator of effective rainfall value, effective rainfall efficiency, ratio of effective rainfall and irrigation water need, and ratio between the sum of effective rainfall and irrigation water supply with irrigation water need, income that water supply technique by controlling distribution based on change of storage is the most of using optimal water.

Key word : effective rainfall, irrigation water need, irrigation water supply, and optimally.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, kami telah dapat menyusun dan menyelesaikan Tesis dengan Judul "*OPTIMALISASI PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK IRIGASI*". Tesis merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan di Konsentrasi Sumber Daya Air Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang. Judul Tesis tersebut kami susun dengan pertimbangan bahwa, belum mendapatkan perhatian khusus dalam praktek hitungan kebutuhan air untuk irigasi adalah sumbangan air hujan secara langsung di lahan sawah. Dengan demikian memperoleh hasil pemanfaatan air hujan yang paling optimum dengan memperhatikan 4 (empat) teknik pemberian air irigasi, sehingga dapat memberikan interpretasi kuantitatif yang dapat digunakan sebagai informasi penting untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan irigasi dengan memanfaatkan air hujan.

Pada kesempatan berbahagia ini, kami sampaikan terima kasih kepada yang terhormat Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro selaku Penanggungjawab Program Magister Teknik Sipil, para Pengajar dan Pengelola Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro selaku pemberi sarana dan prasarana dalam rangka kelancaran proses belajar mengajar, Dr. Ir. Imam Wahyudi, DEA dan Ir. Hari Nugroho, MT selaku pembimbing tesis, para Pembahas dan Tim Penguji Proposal, Tesis dan Ujian Akhir selaku pemberi masukan dan koreksi tesis, Kepala Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Propinsi Jawa Tengah pemberi ijin belajar dan pemberi data sekunder, Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang cq. Kepala Sub Dinas Pengairan selaku pemberi data sekunder dan pemberi fasilitas guna mendapatkan data primer, Kepala Badan Meteorolgi dan Geofisika Stasiun Semarang selaku pemberi data sekunder, Riyadi, A.Md Staf Sub Dinas Pengairan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang yang telah membantu dalam pengumpulan data sekunder dan data primer, Rekan-Rekan Kuliah Konsentrasi Sumber Daya Air Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro yang telah memberikan motivasi, dukungan dan bantuan, semua Pihak yang telah membantu penyelesaian tesis serta Isteri tercinta dan Anak-anak tersayang yang telah memberikan motivasi, dukungan dan merelakan waktu berkumpulnya berkurang .

Kami harapkan kritik dan saran bersifat membangun guna sempurnanya Tesis ini, semoga bermanfaat bagi para pembaca dan dapat diimplementasikan dalam pengelolaan irigasi.

Semarang, 12 Desember 2001.


SRI PURWANTO
NIM. L4A99043

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
NOTASI	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Permasalahan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II	
DISKRIPSI LOKASI PENELITIAN	5
2.1 Lokasi Daerah Irigasi	5
2.2 Keadaan Topografi	5
2.3 Keadaan Hidroklimatologi	5
2.4 Jenis tanah	7
2.5 Jaringan Irigasi	8
2.6 Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam	8

BAB III	TINJAUAN PUSTAKA	9
3.1	Imbangan Air irigasi	10
3.2	Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam	11
3.3	Kebutuhan Air Untuk Tanaman	12
3.4	Kebutuhan Air Padi di Sawah	13
3.5	Kajian Hujan Efektif	17
3.6	Sifat Fisik Tanah	21
3.7	Bentuk Lempas Tanah	24
3.8	Teknik Pemberian Air irigasi	26
3.9	Model Optimalisasi	28
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	31
4.1	Metode Pengumpulan Data	31
4.2	Penyusunan Model	38
4.3	Skenario Simulasi	44
4.4	Prosedur Penentuan Analisis	51
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
5.1	Analisa Data.....	53
5.2	Hasil Simulasi.....	57
5.3	Pembahasan.....	67
5.4	Klarifikasi / Pembahasan Hasil Simulasi	85
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	88
6.1	Kesimpulan.....	88
6.2	Saran	89

DAFTAR PUSTAKA	90
-----------------------------	-----------

DAFTAR LAMPIRAN :

Lampiran 1	Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian, Gambar 5.1 Peta Daerah Irigasi Tinalun, Gambar 5.2 Skema Irigasi Daerah Irigasi Tinalun, dan Gambar 5.3 Skema Bangunan Daerah Irigasi Tinalun.....	92
Lampiran 2	Foto Pengambilan Sampel Tanah dan Hasil Laboratorium Mekanikan Tanah	97
Lampiran 3	Analisa Data Curah Hujan dan Penguapan	106
Lampiran 4	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Kontinyu.....	113
Lampiran 5	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terjadwal.....	140
Lampiran 6	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampunguan.....	166
Lampiran 7	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah.....	192
Lampiran 8	Batasan Istilah.....	216

DAFTAR TABEL

Nomor	J u d u l	Halaman
Tabel 4.1	Rentang Ketersediaan Air dan Lengas Tanah	42
Tabel 5.1	Rangkuman Data Pemeriksaan Tanah	52
Tabel 5.2	Data Penguapan Harian Rerata	53
Tabel 5.3	Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif Satu Masa Tanam Pemberian Air Secara Kontinyu	56
Tabel 5.4	Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif satu Masa Tanam Pemberian air secara Terjadwal Periode 15 harian	58
Tabel 5.5	Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif satu Masa Tanam Pemberian air secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampunguan...	60
Tabel 5.6	Batas-batas lengas Tanah	61
Tabel 5.7	Hasil Simulasi Hujan efektif satu Masa Tanam Pemberian Air Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah	63
Tabel 5.8	Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif	70
Tabel 5.9	Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi	73
Tabel 5.10	Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi	75
Tabel 5.11	Hasil Analisa Penentuan Curah Hujan Optimum	79
Tabel 5.12	Perbandingan Antara Hujan Efektif, Pemberian Air dan Kebutuhan Air Irigasi	81

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Peta Lokasi Penelitian Daerah Irigasi Tinalun	93
Gambar 3.1	Skematik Imbangan Air Irigasi	10
Gambar 3.2	Keberadaan Air dan Udara Pada Pori Tanah	21
Gambar 3.3	Klasifikasi Ketersediaan Air Untuk Tanaman dan Gerakan Airnya.....	26
Gambar 4.1	Logika Model Imbangan Air di Sawah	43
Gambar 4.2	Flowchart Model Simulasi	45
Gambar 4.3	Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah Pemberian Air Secara Kontinyu	46
Gambar 4.4	Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah Pemberian Air Secara Terjadwal	48
Gambar 4.5	Batasan Tinggi Genangan Air di sawah Pemberian Air Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungang	49
Gambar 4.6	Batasan Tinggi Genangan Air di sawah Pemberian Air Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah	50
Gambar 5.1	Peta Daerah Irigasi	94
Gambar 5.2	Skema Irigasi Daerah Irigasi Tinalun	95
Gambar 5.3	Skema Bangunan Daerah Irigasi Tinalun	96
Gambar 5.4	Perbandingan Nilai Hujan Efektif	70
Gambar 5.5	Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif	73
Gambar 5.6	Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air	75
Gambar 5.7	Hujan Efektif, Pemberian dan Kebutuhan Air Teknik Pemberian Air Kontinyu	80
Gambar 5.8	Hujan Efektif, Pemberian dan Kebutuhan Air Teknik Pemberian Air Terjadwal	81
Gambar 5.9	Hujan Efektif, Pemberian dan Kebutuhan Air Teknik Pemberian Air Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungang	82
Gambar 5.10	Hujan Efektif, Pemberian dan Kebutuhan Air Teknik Pemberian Air Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian, Gambar 5.1 Peta Daerah Irigasi Tinalun, Gambar 5.2 Skema Irigasi Daerah Irigasi Tinalun dan Gambar 5.3 Skema Bangunan Daerah Irigasi Tinalun	92
Lampiran 2	Foto Pengambilan Sampel Tanah dan Hasil Laboratorium Mekanikan Tanah	97
Lampiran 3	Analisa Data Curah Hujan dan Penguapan	106
Lampiran 4	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Kontinyu.....	113
Lampiran 5	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terjadwal.....	140
Lampiran 6	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungannya.....	166
Lampiran 7	Flowchart dan Hasil Simulasi Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah.....	192
Lampiran 8	Batasan Istilah.....	216

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan karunia Tuhan dan kebutuhan yang penting bagi makhluk hidup. Sebagai akibat dari fenomena alam dan perilaku manusia, keberadaannya semakin lama semakin sulit diperoleh baik secara kualitas maupun kuantitas. Penggunaan air untuk irigasi merupakan satu diantara berbagai alternatif pemanfaatan air. Dalam praktek irigasi ke masa depan diversifikasi jenis tanaman dapat dilakukan, namun padi sawah tetap merupakan salah satu sistem penting. Pada sistem tersebut lahan pertanian dapat dibuat berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang sebagai tanggul penahan air untuk membuat tampungan setempat. Ketersediaan air disawah dicukupi dari pemberian air irigasi dan sumbangan air hujan yang jatuh pada sawah.

Imbangan air di lahan irigasi meliputi pemasukan, keluaran dan perubahan tampungan dengan batasan tertentu selama waktu tertentu. Imbangan air di lahan irigasi merupakan suatu hal yang diperlukan untuk mengevaluasi praktek pengelolaan irigasi yang memungkinkan untuk meminimalkan kehilangan air dan memaksimalkan penambahan air serta penggunaan air. Dalam meninjau imbangan air di petakan sawah, hal yang belum mendapat perhatian khusus dalam praktek hitungan kebutuhan air untuk irigasi adalah sumbangan air hujan secara langsung di lahan sawah. Dengan demikian, pengelolaan irigasi yang tidak memperhatikan faktor air hujan sebagai salah satu penunjang ketersediaan air irigasi akan mengakibatkan pemborosan penggunaan air (in efisiensi).

Keuntungan pemanfaatan air hujan untuk irigasi, yaitu (1) pada daerah irigasi yang ketersediaan airnya terbatas dapat dilakukan penghematan air, sehingga penyediaan air irigasi untuk seluruh lahan pada daerah irigaasi dapat terjamin, dan (2) pada daerah irigasi yang ketersediaan airnya cukup melimpah, kelebihan air irigasi dapat digunakan untuk memperluas lahan sawah ataupun untuk kebutuhan non pertanian. Sedangkan hambatan pemanfaatan air hujan untuk irigasi, yaitu (1) sifat acak terjadinya hujan yaitu tidak menentu dalam ruang dan waktu, (2) diperlukan prediksi musim hujan untuk

kesesuaian dengan kebutuhan air untuk tanaman, (3) diperlukan prasarana dan sarana pengaturan air, dan (4) diperlukan tenaga operasi irigasi yang mampu dan terampil.

Dalam praktek pemberian air irigasi untuk sawah dikenal 4 (empat) jenis teknik pemberian air irigasi, yaitu

1. Pemberian air irigasi secara kontinyu, dilakukan dengan mengalirkan air secara terus menerus ke dalam petak sawah,
2. Pemberian air irigasi secara terjadwal dilakukan dengan memberikan air secara periodik setiap sejumlah hari yang ditentukan (sesuai operasi)
3. Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan, dilakukan dengan memperhatikan kondisi genangan.
4. Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah dilakukan dengan memperhatikan kondisi lengas tanah.

Keempat teknik pemberian air irigasi tersebut, memberikan perbedaan dalam memanfaatkan hujan efektif. Dalam praktek perencanaan irigasi di Indonesia, hujan efektif dihitung hanya berdasarkan karakteristik hujan saja, belum mempertimbangkan faktor lain seperti cara pemberian air irigasi.

Hubungan antara berbagai teknik pemberian air terhadap jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi, perlu dilakukan penelitian dalam rangka mencari pemanfaatan air hujan yang paling optimal berdasarkan hujan efektif dan pemberian air irigasi. Dengan memperhitungkan air hujan dengan beberapa teknik pemberian air irigasi akan diperoleh besaran hujan efektif yang lebih realistis.

1.2 Permasalahan.

Ketersediaan air irigasi pada daerah irigasi – daerah irigasi di Propinsi Jawa Tengah pada umumnya pada kondisi yang terbatas dibanding kebutuhannya. Dalam rangka meningkatkan pelayanan air perlu dilakukan upaya-upaya untuk meningkatkan ketersediaan air irigasi, sehingga penyediaan air untuk seluruh lahan sawah dapat terjamin. Upaya-upaya peningkatan ketersediaan dan pemanfaatan air dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :

- a) Mencari alternatif sumber air baru.
- b) Mengoptimalkan Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam.
- c) Meningkatkan efisiensi penggunaan air.
- d) Pemanfaatan air hujan untuk irigasi termasuk dalam peningkatan efisiensi penggunaan air.

Daerah Irigasi Tinalun yang berada di Kabupaten Semarang dengan lahan sawah irigasi seluas 1.025 Ha. Berdasarkan perencanaan pola tanam, diketahui bahwa Daerah Irigasi Tinalun dalam kondisi kekurangan air. Memperhatikan sebaran hujan dapat diketahui bahwa jumlah hujan dan jumlah hari hujan pada Daerah irigasi Tinalun relatif banyak. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan upaya-upaya untuk meningkatkan ketersediaan air irigasi. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan meningkatkan efisiensi pemberian air irigasi dan memanfaatkan air hujan secara optimal melalui penelitian "Optimalisasi Pemanfaatan Air Hujan Untuk Irigasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mendapatkan jumlah hujan yang paling optimal dengan memperhatikan berbagai teknik pemberian air irigasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan interpretasi kuantitatif yang dapat digunakan sebagai informasi penting untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan irigasi dengan memanfaatkan air hujan.

1.4 Pembatasan Permasalahan.

Beberapa batasan permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data lapangan dan pembuatan model simulasi imbangan air di sawah
2. Kondisi daerah irigasi yang ditinjau menjadi input data dalam model
3. Beberapa variabel dan parameter yang ditinjau adalah hujan, intersepsi, perkolasi, pemberian air irigasi, tinggi genangan maksimum (GEMAK), tinggi genangan normal

(GENOR), tinggi genangan minimum (GEMIN), lengas tanah minimum (LTMIN) dan hujan efektif.

4. Pembahasan dan interpretasi hasil simulasi.
5. Hasil simulasi tersebut diatas berlaku untuk kasus Daerah Irigasi Tinalun, penggunaan untuk daerah lain perlu dilakukan penyesuaian parameter sesuai karakteristik lokasi.

1.5 **Sistematika Penulisan.**

Penyusunan tesis ini, dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan permasalahan dan sistematika penulisan.

Bab II Diskripsi Wilayah, berisi gambaran umum Daerah Irigasi Tinalun, meliputi lokasi daerah irigasi, keadaan topografi, Keadaan hidroklimatologis, jenis tanah, jaringan irigasi serta pola tanam dan rencana tata tanam.

Bab III Tinjauan Pustaka berisi Imbangan air irigasi, pola tanam dan rencana tata tanam, kebutuhan air untuk tanaman, kebutuhan air padi di sawah, kajian hujan efektif, sifat fisik tanah, bentuk lengas tanah, teknik pemberian air irigasi dan model optimasi.

Bab IV Metodologi Penelitian berisi, metode pengumpulan data, penyusunan model, skenario simulasi dan prosedur penentuan analisis.

Bab V Hasil dan Pembahasan berisi analisa data, hasil simulasi, pembahasan dan klarifikasi/pembahasan hasil simulasi.

Bab VI Kesimpulan dan Saran berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

DISKRIPSI LOKASI PENELITIAN

2.1 Lokasi Daerah Irigasi

Daerah Irigasi Tinalun merupakan irigasi teknis terletak di Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah, terletak kurang lebih 30 km sebelah selatan Kota Semarang Lokasi Penelitian yaitu Daerah Irigasi Tinalun terlihat pada Gambar 2.1 sebagaimana lampiran 1. Daerah Irigasi Tinalun mendapat pasokan air dari Kali Klampok dan pengelolaannya menjadi kewenangan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang..

2.2 Keadaan Topografi

Pada umumnya keadaan topografi Daerah Irigasi Tinalun merupakan daerah pegunungan dan dataran tinggi dengan ketinggian antara 200 m sampai dengan 400 m di atas permukaan laut. Jaringan Irigasi Tinalun termasuk jaringan garis tinggi, sehingga jaringan irigasinya pada umumnya berfungsi ganda sebagai saluran pembawa dan juga sebagai saluran pembuang.

2.3 Keadaan Hidroklimatologis

Kondisi klimatologis Daerah Irigasi Tinalun dapat dilihat berdasarkan jumlah hujan bulanan, jumlah hari hujan, debit andalan dan data klimatologi yang tercatat di Daerah Irigasi Tinalun. Sebagaimana daerah tropis, lokasi studi memiliki intensitas hujan besar pada bulan Oktober sampai dengan Maret . Rincian dari data tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Hujan Rerata Tengah Bulanan

Bulan	Hujan Rerata (mm)	Bulan	Hujan rerata (mm)
Januari	381.6	Juli	60
Pebruari	275.8	Agustus	23.8
Maret	372.6	September	64
April	389.8	Oktober	314.6
Mei	134.8	Nopember	357
Juni	61.8	Desember	270.8

Sumber : Hasil Analisis Data Hujan Stasiun Klepu 1996 – 2000.

Tabel 2.2 Rata-rata Jumlah Hari Hujan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	Bulan	Jumlah Hari Hujan
Januari	15	Juli	3
Pebruari	11	Agustus	2
Maret	14	September	2
April	13	Oktober	10
Mei	6	November	11
Juni	3	Desember	11

Sumber : Hasil Analisis Data Hujan Stasiun Klepu tahun 1996-2000.

Ketersediaan air di Bendung Tinalun dipantau dari pencatatan peil schaal, sedangkan untuk mengetahui besarnya debit air dapat dilihat dari tabel operasi Bendung. Data debit andalan Sungai Klampok , sebagai berikut :

Tabel 2.3 Debit Andalan (*dependable flow*) Sungai Klampok

Bulan	Debit Andalan (lt/det)	
	Setengah bulan ke 1	Setengah bulan ke 2
Januari	1621	2081
Pebruari	2382	3271
Maret	2221	1386
April	1382	982
Mei	554	730
Juni	620	632
Juli	526	544
Agustus	203	214
September	286	226
Oktober	322	253
Nopember	238	351
Desember	382	902

Sumber : System Planning, Mapping and Design for Special Maintenance of Irrigation Sub Sector Loan Project, 1997.

Kondisi klimatologis Daerah Irigasi Tinalun dapat dilihat berdasarkan data-data klimatologis antara lain berupa temperatur udara, kelembaban relatif, penyinaran matahari dan kecepatan angin. Tabel 2.4 memperlihatkan data yang tercatat di Stasiun Klimatologi Ungaran.

Tabel 2.4 Kondisi Klimatologi Stasiun Ungaran

Bulan	Temperatur (°C)	Kelembaban Relatif (%)	Penyinaran Matahari (%)	Kecepatan Angin (m/dt)
Januari	26,30	84,00	41,00	2,32
Pebruari	26,40	83,00	50,00	2,16
Maret	26,80	82,00	62,00	1,91
April	27,20	78,00	71,00	1,80
Mei	27,40	77,00	75,00	1,85
Juni	27,30	75,00	73,00	2,01
Juli	26,80	73,00	83,00	2,21
Agustus	27,10	69,00	87,00	2,21
September	27,60	70,00	85,00	2,16
Oktober	28,40	69,00	86,00	2,11
Nopember	27,90	75,00	68,00	1,91
Desember	26,90	82,00	47,00	1,80

Sumber : System Planning, Mapping and Design for Special Maintenance of Irrigation Sub Sector Loan Project, 1997.

2.4 Jenis Tanah

Menurut peta tanah tinjau (System Planning, 1987), kawasan Daerah irigasi Tinalun termasuk jenis tanah latosol, yang berwarna coklat tua. Hasil survai lapangan dan penyelidikan laboratorium secara visual tanahnya dikategorikan tanah berat dengan tekstur lempung dan diperkirakan perkolasi yang terjadi berkisar antara 1 – 3 mm/hari.

Tanah ini baik untuk tanaman padi dan palawija, namun perlu adanya usaha untuk lebih meningkatkan produktifitas tanah dengan usaha pemupukan baik urea maupun fosfat dan atau pupuk kandang.

2.5 Jaringan Irigasi

Daerah Irigasi Tinalun memperoleh air dari intake Bendung Tinalun yang terletak di Kali Klampok. Bendung Tinalun dibangun sejak zaman Belanda dan telah mengalami rehabilitasi terakhir pada tahun 1979. Data fisik bendung Tinalun antara lain, mempunyai bentang bendung 23,90 m dilengkapi pintu pembilas, pintu pengambilan, saluran kantong lumpur sepanjang 281 m, pintu dan pintu penguras. Kondisi Jaringan Irigasi Tinalun baik bangunan penangkap airnya berupa bendung, saluran pembawa, bangunan pengatur, bangunan pelengkap dan bangunan ukur berfungsi cukup baik. Jaringan Irigasi Tinalun mempunyai saluran pembawa sepanjang 8,5 km. Dalam rangka melaksanakan kegiatan operasi dan pemeliharaan irigasi, telah tersedia jalan inspeksi yang dapat dilewati kendaraan bermotor.

2.6 Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam

Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam Daerah Irigasi Tinalun Kabupaten Semarang disusun dan ditetapkan dengan Surat Keputusan Bupati Kabupaten Semarang Nomor 520.2/0434/2000 tanggal 31 Agustus 2000 tentang Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam pada Masa tanam 2000/2001 sebagai berikut :

2.6.1 Pola Tanam.

Pola Tanam yang direncanakan pada Daerah Irigasi Tinalun adalah Padi – Padi – Palawija.

2.6.2 Rencana Tata Tanam .

Rencana jadwal tanam dan kebutuhan air Daerah Irigasi Tinalun pada Masa Tanam Tahun 2000/2001, sebagai berikut :

- a. Jadwal Masa Tanam 1 mulai 1 Oktober 2000 – 31 Januari 2001.
- b. Jadwal Masa Tanam 2 mulai 1 Pebruari 2001 – 31 Mei 2001
- c. Jadwal Masa Tanam 3 mulai 1 Juni – 30 September 2001.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam rangka melakukan upaya mencari pemanfaatan air hujan yang optimal untuk irigasi, pada bab ini disampaikan kajian pustaka yang mendasari dalam penyelesaian hitungannya.

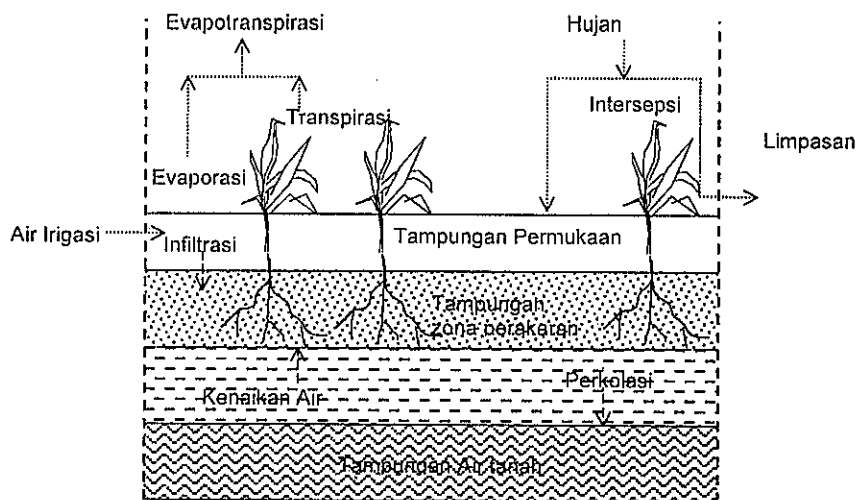
Beberapa hal yang mendasari penelitian ini adalah :

1. Salah satu faktor utama yang berpengaruh terhadap besaran hujan efektif selain air hujan adalah praktek irigasi di lahan.
2. Dalam praktek perencanaan irigasi di Indonesia, hujan efektif dihitung hanya berdasarkan karakteristik hujan saja, belum mempertimbangkan faktor lain seperti cara pemberian air irigasi dan karakteristik pematang sawah.
3. Perhitungan hujan efektif dilakukan dengan mempertimbangkan 4 (empat) teknik pemberian air irigasi.
4. Proses imbalan air di sawah dengan 4 (empat) skenario teknik pemberian air irigasi mengenai air irigasi dapat ditirukan oleh suatu model simulasi.
5. Keluaran model simulasi dapat memberi informasi kuantitatif mengenai hujan efektif dan kebutuhan air irigasi yang harus ditambahkan sesuai dengan teknik pemberian air irigasi yang diskenariokan.
6. Pembahasan dan interpretasi hasil simulasi dapat memberikan informasi sumbangan air hujan efektif yang optimal berdasarkan beberapa indikator hujan efektif, efisiensi pemanfaatan hujan efektif, rasio hujan efektif dan kebutuhan air irigasi, rasio pemberian air irigasi dan kebutuhan air irigasi serta perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan kebutuhan air irigasi.
7. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan irigasi di daerah studi.

3.1 Imbangan Air Irigasi

Proses siklus imbangan air di lahan irigasi meliputi pemasukan, keluaran dan perubahan tampungan dengan batasan tertentu selama waktu tertentu. Pemahaman mengenai imbangan air di lahan irigasi merupakan suatu hal penting untuk mengevaluasi praktek manajemen irigasi yang memungkinkan untuk meminimalkan kehilangan air dan memaksimalkan penambahan air serta penggunaan air.

Kebutuhan air untuk tanaman di lahan pada umumnya dipenuhi dari air hujan dan air irigasi. Kehilangan air termasuk limpasan dari lahan, perkolasi keluar dari zona perakaran, evaporasi dari permukaan tanah, transpirasi dari daun tanaman. Gambar 3.1 memperlihatkan secara skematik konsep imbangan air irigasi di lahan.



Gambar 3.1 Skematik Imbangan Air Irigasi (Modifikasi Walker, 1987)

Prinsip kontinuitas digunakan dalam imbangan air irigasi, yaitu *inflow* (I) dikurangi *outflow* (O) merupakan perubahan tampungan (ΔS) pada beberapa kondisi batas sistem yang dinyatakan dalam persamaan :

$$I - O = \Delta S \quad (3.1)$$

Perubahan tampungan pada persamaan di atas meliputi tampungan lengas tanah dan tampungan pada tubuh tanaman. Sudjarwadi (1990) memberikan persamaan imbalan air di areal usaha tanaman, sebagaimana persamaan :

$$(HJ + PAI) - (AL + P + E + T) = \Delta DT + \Delta TT \quad (3.2)$$

dimana :

- HJ = hujan (mm)
- PAI = pemberian air irigasi (mm)
- AL = air limpasan (mm)
- E = evaporasi (mm)
- T = transpirasi (mm)
- P = perkolasi (mm)
- ΔDT = perubahan air dalam tanah
- ΔTT = perubahan air dalam tubuh tanaman

Pertimbangan penting dari pengkajian imbalan air adalah periodisasi atau interval waktu dimana imbalan air dibuat. Interval waktu yang pendek dapat mengakibatkan ketidakpraktisan, sedangkan terlalu panjang dapat kehilangan kejadian penting pada waktu kritis. Pada kondisi kritis, seperti tahapan berbunga dan berbuah, apabila terjadi kondisi tidak seimbangny kondisi ketersediaan air dan kebutuhan untuk tanaman dapat mempunyai pengaruh permanen terhadap tanaman. Sehingga upaya untuk menjamin bahwa imbalan air selalu terjaga selama masa pertumbuhan merupakan suatu hal yang penting.

3.2 Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam.

Pola Tanam adalah ketentuan tentang pengaturan urutan jenis tanaman yang akan di tanam pada suatu Daerah Irigasi dalam waktu satu tahun atau lebih (DPU Propinsi Jawa Tengah/Pengairan, 1987). Pola Tanam dipergunakan pada perhitungan kebutuhan air untuk tanaman adalah hasil pemilihan alternatif terbaik yang berhubungan dengan aspek keseimbangan air. Pola tanam yang mantap adalah pola tanam yang disusun

berdasarkan potensi sumber daya air yang tersedia di daerah irigasi tersebut. Potensi sumber daya air yang tersedia ini terdiri dari debit air irigasi dari sungai dan air hujan.

Pola Tanam yang biasa dan umum dipakai adalah Padi-Padi-Palawija, dengan jadwal tanam pada umumnya, yaitu Masa Tanam 1 (MT.1) mulai bulan Oktober sampai dengan bulan Januari dan Masa Tanam 2 (MT.2) mulai bulan Pebruari sampai dengan bulan Mei, serta Masa Tanam 3 (MT3) mulai bulan Juni sampai dengan bulan September.

Pada Daerah irigasi sedang dan besar biasanya dibagi menjadi sejumlah golongan, hal ini dilakukan untuk mengurangi kebutuhan air puncak. Pembagian luasan tiap golongan diupayakan mempunyai luasan yang relatif sama dan dapat diterapkan dengan rotasi golongan.

Rencana Tata Tanam adalah ketentuan tentang lokasi, luas dan jenis tanaman yang direncanakan untuk di tanam di dalam suatu daerah irigasi tertentu untuk satu tahun tanam, serta jadwal jadwal mulai dan berakhirnya masa tanam masing-masing jenis tanaman yang bersangkutan (DPU Propinsi Jawa Tengah/Pengairan, 1987).

3.3 Kebutuhan Air untuk Tanaman

Estimasi kebutuhan air (*water requirement*) untuk tanaman merupakan salah satu dasar yang diperlukan dalam perencanaan irigasi. Kebutuhan air tanaman didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman atau berbagai pola tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh secara normal di bawah kondisi lapangan pada suatu tempat. Kebutuhan air untuk tanaman meliputi kehilangan akibat evapotranspirasi (ET) atau *consumptive use* (Cu) ditambah kehilangan selama pemakaian air irigasi dan sejumlah air yang dibutuhkan untuk pengoperasian secara khusus seperti penyiapan lahan, penyemaian, pertumbuhan dan kebutuhan tanaman lainnya.

Sudjarwadi (1990) merumuskan hubungan antara pemberian air irigasi dan kebutuhan areal usaha sebagai berikut :

$$PAI = KAI - HE - KAT \quad (3.3)$$

dimana :

- PAI = pemberian air irigasi
- KAI = kebutuhan air irigasi
- HE = hujan efektif
- KAT = kontribusi air tanah

Nilai kebutuhan areal usaha merupakan jumlah dari evapotranspirasi, kebutuhan khusus misalnya untuk pengolahan lahan dan kehilangan air.

Persamaan kebutuhan air irigasi yang memperhatikan perubahan tinggi genangan di petak sawah berdasar imbangan air mingguan, telah diusulkan oleh Sudjarwadi (1990).

$$KAI = GH_2 - GH_1 + ET + P - HE \quad (3.4)$$

dimana :

- KAI = kebutuhan air irigasi (mm)
- GH₂ = tinggi genangan pada akhir minggu (mm)
- GH₁ = tinggi genangan sebelum pemberian air (mm)
- ET = evapotranspirasi
- P = perkolasi
- HE = hujan efektif

Dari beberapa persamaan di atas terlihat bahwa hujan efektif mempunyai pengaruh langsung terhadap penentuan pemberian air irigasi.

3.4 Kebutuhan Air Padi di Sawah

Analisis kebutuhan air untuk tanaman padi di sawah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (1) pengolahan lahan, (2) penggunaan konsumtif, (3) perkolasi, (4) penggantian lapisan air, dan (5) sumbangan air hujan. Kebutuhan air total di sawah merupakan jumlah faktor 1 sampai dengan 4, sedangkan kebutuhan netto air di sawah merupakan kebutuhan total dikurangi faktor hujan efektif. Kebutuhan air di sawah dapat dinyatakan dalam satuan mm/hari ataupun lt/det.

3.4.1. Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan Padi

Periode pengolahan lahan membutuhkan air yang paling besar jika dibandingkan tahap pertumbuhan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah (1) karakteristik tanah, (2) waktu pengolahan lahan, (3) tersedianya tenaga dan ternak, serta (4) mekanisasi pertanian. Kebutuhan air untuk persiapan lahan ditentukan berdasarkan kedalaman tanah dan porositas tanah di sawah. Kebutuhan air untuk persiapan lahan dapat ditentukan secara empiris, yaitu untuk lahan yang sudah lama tidak ditanami (bero), kebutuhan air untuk persiapan lahan dapat ditentukan sebesar 300 mm, sedangkan untuk persiapan lahan setelah transplantasi selesai, ditentukan sebesar 250 mm. Kebutuhan air untuk penyemaian termasuk kebutuhan air untuk persiapan lahan (Kriteria Perencanaan Irigasi, KP 01, 1986)

3.4.2. Penggunaan Konsumtif

Penggunaan air untuk kebutuhan tanaman (*consumptive use*) dapat didekati dengan menghitung evapotranspirasi tanaman, yang besarnya dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman dan faktor klimatologi. Nilai evapotranspirasi merupakan jumlah dari evaporasi dan transpirasi.

Yang dimaksud dengan evaporasi adalah proses perubahan molekul air di permukaan menjadi molekul air di atmosfer. Sedangkan transpirasi adalah proses fisiologis alamiah pada tanaman, dimana air yang dihisap oleh akar diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali melalui pucuk daun. Nilai evapotranspirasi dapat diperoleh dengan pengukuran di lapangan atau dengan rumus-rumus empiris. Untuk keperluan perhitungan kebutuhan air irigasi dibutuhkan nilai evapotranspirasi tetapan (ET_0) yaitu evapotranspirasi yang terjadi apabila tersedia cukup air. Kebutuhan air untuk tanaman adalah nilai ET_0 dikalikan dengan suatu koefisien tanaman.

$$ET = kc \times ET_0 \quad (3.5)$$

dimana :

ET = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

kc = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi tetapan/tanaman acuan (mm/hari)

Kebutuhan air konsumtif ini dipengaruhi oleh jenis dan usia tanaman (tingkat pertumbuhan tanaman). Pada saat tanaman mulai tumbuh, nilai kebutuhan air konsumtif meningkat sesuai pertumbuhannya dan mencapai maksimum pada saat pertumbuhan vegetasi maksimum. Setelah mencapai maksimum dan berlangsung beberapa saat menurut jenis tanaman, nilai kebutuhan air konsumtif akan menurun sejalan dengan pematangan biji. Pengaruh watak tanaman terhadap kebutuhan tersebut dengan faktor tanaman (kc).

Yang dimaksud ET_o adalah evapotranspirasi tetapan yaitu laju evapotranspirasi dari suatu permukaan luas tanaman rumput hijau setinggi 8 sampai 15 cm yang menutup tanah dengan ketinggian seragam dan seluruh permukaan teduh tanpa suatu bagian yang menerima sinar secara langsung serta rumput masih tumbuh aktif tanpa kekurangan air. Evapotranspirasi tetapan disebut juga dengan evapotranspirasi referensi/ keluar. Terdapat beberapa cara untuk menentukan evapotranspirasi tetapan, salah satunya seperti yang diusulkan oleh Kriteria Perencanaan Irigasi 1986 sebagai berikut :

$$ET_o = E_{pan} \times k_{pan} \quad (3.6)$$

dimana,

ET_o = Evaporasi tetapan/tanaman acuan (mm/hari)

E_{pan} = Pembacaan panci evaporasi

k_{pan} = Koefisien panci

3.4.3. Perkolasi

Perkolasi adalah proses aliran air dalam tanah secara vertikal akibat gaya gravitasi. Perkolasi akan terjadi apabila kapasitas lapang telah terlampaui. Beberapa

faktor yang berpengaruh dalam proses perkolasi diantaranya adalah sifat fisik tanah, kedalaman muka air tanah, lengas tanah, kapasitas lapang tanah, dan kapileritas tanah.

Data perkolasi di lokasi penelitian tidak diperoleh dan penulis tidak melakukan pengukuran secara langsung di lapangan. Nilai perkolasi pada penelitian ini diperoleh dari nilai perkolasi menurut petunjuk yang tercantum pada Standar Perencanaan Irigasi yaitu Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (1986) sebagai perkiraan, dengan mempertimbangkan kondisi fisik tanah di lokasi penelitian.

3.4.4. Penggantian Lapisan Air

Kebutuhan air untuk penggantian lapisan air dilakukan berdasarkan 2 (dua) hal, yaitu :

1. Setelah pemupukan perlu dijadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan.
2. Penggantian diperkirakan sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm satu bulan dan dua bulan setelah transplantasi (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan).

3.4.5. Curah Hujan Efektif

Secara umum yang dimaksud dengan curah hujan efektif adalah sejumlah besaran hujan yang dapat digunakan untuk memberi sumbangan terhadap kebutuhan air untuk tanaman. Untuk menentukan besar sumbangan air hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman tersebut terdapat beberapa cara, diantaranya secara empiris dan simulasi.

Secara empiris hujan efektif ditentukan berdasarkan faktor hujan saja. Kriteria Perencanaan Irigasi 1986 mengusulkan hujan efektif setengah bulanan adalah 70 % (tujuh puluh prosen) dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun.

$$RE = 0,7x \frac{1}{15} R_s \quad (3.7)$$

dimana,

RE = Hujan Efektif (mm/hari)

R₅ = Curah hujan setengah bulanan (15 harian) dengan kala ulang 5 tahun (mm/15 hari)

Sedangkan secara simulasi penentuan hujan efektif dilakukan dengan memperhitungkan beberapa variabel dan parameter yang terkait erat dengan hujan efektif dalam suatu model simulasi hujan efektif. Beberapa parameter dan variabel yang dapat mempengaruhi besar sumbangan hujan efektif antara lain adalah (1) karakteristik hujan, (2) kemiringan lahan, (3) karakteristik tanah, (4) karakteristik air tanah, (5) praktek manajemen irigasi, (6) karakteristik tanaman, (7) lengas tanah, (8) kontribusi air tanah, (9) aliran air permukaan maupun air bawah permukaan, (10) perkolasi, dan (11) pengukuran parameter hujan efektif.

3.5 Kajian Hujan Efektif

3.5.1 Pengertian Hujan Efektif

Dastane (1974) memberikan definisi hujan efektif sebagai bagian dari hujan yang digunakan secara langsung maupun tidak langsung oleh tanaman di tempat jatuhnya hujan termasuk intersepsi, bagian air yang hilang akibat evaporasi permukaan tanah, evapotranspirasi selama pertumbuhan tanaman, kontribusi air tanah, perkolasi dan pemakaian lainnya sebelum atau sesudah penyebaran benih tanpa merugikan produksi dan kualitas tanaman.

Cuenca (1989) memberi definisi hujan efektif sebagai sejumlah hujan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi oleh tanaman. Hujan efektif dapat mengurangi kebutuhan irigasi yang harus diberikan pada suatu tanaman. Nilai hujan efektif tergantung laju hujan, kondisi lengas tanah yang mempengaruhi infiltrasi, dan kedalaman zona perakaran. Jumlah hujan yang melimpas ke luar dari lahan irigasi dan mengalir keluar zona perakaran sebagai perkolasi tidak termasuk hujan efektif.

Pengertian hujan efektif yang dalam penelitian ini adalah besar hujan yang dapat digunakan untuk memberi sumbangan kebutuhan air untuk tanaman pada masa pertumbuhannya, meliputi untuk evapotranspirasi dan perkolasi, dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kebutuhan air untuk tanaman, karakteristik tanaman, karakteristik tampungan, karakteristik lengas tanah dan karakteristik pengelolaan pemberian air irigasi.

3.5.2 Beberapa Faktor yang Berpengaruh Terhadap Hujan Efektif

Michael (1978) mengemukakan beberapa faktor yang mempengaruhi hujan efektif, antara lain (1) karakteristik hujan, (2) kemiringan lahan, (3) karakteristik tanah, (4) karakteristik air tanah, (5) praktek manajemen irigasi, (6) karakteristik tanaman, (7) lengas tanah, (8) kontribusi air tanah, (9) aliran air permukaan maupun air bawah permukaan, (10) perkolasi, dan (11) pengukuran parameter hujan efektif.

Karakteristik hujan yang mempengaruhi jumlah hujan efektif adalah intensitas hujan. Intensitas hujan yang rendah dan lebih rendah dari kapasitas intersepsi tidak memberi kontribusi sebagai hujan efektif. Demikian pula intensitas yang tinggi mengurangi volume hujan yang menjadi hujan efektif karena akan meningkatkan limpasan.

Kemiringan lahan dalam kaitannya dengan hujan efektif adalah memberi pengaruh pada waktu yang tersedia sehingga air hujan dapat terinfiltrasi dalam tanah (*infiltration time opportunity*). Air akan tertahan lebih lama pada lahan yang relatif datar.

Karakteristik tanah berpengaruh terhadap infiltrasi dan pergerakan lengas dalam tanah. Laju infiltrasi yang tinggi dan konduktivitas hidraulik tanah akan mengurangi limpasan, namun pada sisi lain juga mempunyai kehilangan yang besar. Parameter penting dari karakteristik tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan air sehingga berada di antara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Lengas tanah pada saat terjadi hujan (lengas tanah awal) juga mempengaruhi hujan efektif. Lengas tanah awal yang tinggi, laju infiltrasi yang rendah dan limpasan air yang tinggi mempengaruhi besar hujan efektif. Hujan efektif pada lahan beririgasi lebih rendah dari pada lahan yang tidak

beririgasi.

Jika hujan yang datang mencukupi, maka volume hujan efektif akan lebih besar apabila muka air tanah lebih dalam. Kenaikan air tanah ke atas akibat gaya kapiler akan mengurangi defisit air pada zona perakaran, pada gilirannya akan mengurangi hujan efektif.

Praktek manajemen berpengaruh terhadap limpasan, infiltrasi, konduktifitas hidraulik dan evapotranspirasi yang pada gilirannya berpengaruh juga terhadap hujan efektif. Karakteristik tanaman yang berpengaruh terutama adalah *consumptive use*. Tanaman dengan *consumptive use* yang besar akan menyebabkan *defisit* lengas tanah di zona perakaran. Selain itu karakteristik tanah lainnya yang berpengaruh terhadap hujan efektif adalah derajat penutup lahan, kedalaman zona perakaran dan tahap pertumbuhan.

Yang dimaksud lengas tanah adalah perbandingan berat air dengan berat butiran yang mencerminkan kadar air dalam suatu sampel tanah. Lengas tanah awal merupakan lengas tanah yang tertahan di zona perakaran antara masa tanam sebelumnya dengan suatu tahap pertumbuhan tanaman. Lengas tanah ini memberi sumbangan untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Kontribusi air tanah sangat dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah di bawah zona perakaran, kapileritas, konduktivitas hidraulik tanah dan lengas tanah pada zona perakaran.

Perkolasi di bawah zona perakaran terjadi apabila kapasitas lapang telah terlampaui di bawah irigasi atau hujan lebat. Laju perkolasi bertambah sebagai fungsi waktu. Jumlah air yang hilang akibat perkolasi dapat mencapai 20 % dari jumlah air yang ditambahkan.

Pengukuran hujan efektif adalah pengukuran terhadap komponen hujan efektif dan atau irigasi, kehilangan akibat limpasan, perkolasi, dan penggunaan oleh tanaman. Pengukuran yang akurat dilakukan dengan *lysimeter*.

Analisis kuantitatif terhadap nilai hujan efektif melibatkan pengukuran kuantitas dari setiap komponen hujan efektif yang diperhitungkan. Berdasarkan konsep imbangan

air pada sawah, evaluasi hujan efektif dapat dilacak dari pengukuran curah hujan, evapotranspirasi, intersepsi, perkolasi dan limpasan permukaan. (Rahmad Jayadi, 1988)

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi yang jatuh di permukaan lahan. Hujan diukur atau dicatat dengan penakar hujan, baik yang bekerja secara sederhana maupun yang bekerja secara otomatis pada suatu tempat sebagai hujan titik atau hujan yang mewakili tempat tersebut. Prinsip kerja penakar hujan adalah tabung atau gelas ukur berskala yang digunakan untuk mengukur jumlah hujan yang jatuh dalam satuan mm. Pencatatan hujan pada umumnya selama 24 jam (harian), namun pada tempat-tempat tertentu dimana tersedia alat ukur hujan otomatis dapat dilakukan pengukuran hujan dengan diskritisasi waktu yang lebih pendek.

Evapotranspirasi adalah penguapan pada suatu tempat akibat pertumbuhan tanaman. Nilai evapotranspirasi merupakan jumlah dari evaporasi dan transpirasi.

Evaporasi adalah proses perubahan molekul air di permukaan menjadi molekul air di atmosfer. Sedangkan transpirasi adalah proses fisiologis alamiah pada tanaman, dimana air yang dihisap oleh akar diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali melalui permukaan daun. Nilai evapotranspirasi dapat diperoleh dengan pengukuran di lapangan dengan menggunakan *lysimeter* atau dengan rumus-rumus empiris (Sosrodarsono).

Intersepsi adalah bagian hujan yang tertahan oleh dedaunan, bangunan, seresah serta bagian tanaman yang menutup permukaan tanah. Bagian hujan ini dapat diuapkan lagi tanpa memberikan tambahan bagi kelengasan tanah. Mahkota (*canopy*) tumbuhan adalah permukaan tumbuhan yang dapat menahan hujan. Proses intersepsi dapat disederhanakan sebagai suatu tampungan yang mempunyai kapasitas dengan batasan tertentu. Kapasitas tampung intersepsi merupakan fungsi dari kerapatan tanaman, jenis tanaman dan masa pertumbuhannya (Fleming, 1975).

Perkolasi adalah proses aliran air dalam tanah secara vertikal akibat gaya gravitasi. Perkolasi akan terjadi apabila kapasitas lapang telah terlampaui. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses perkolasi diantaranya adalah sifat fisik tanah, kedalaman muka air tanah, lengas tanah, kapasitas lapang tanah, dan kapileritas tanah.

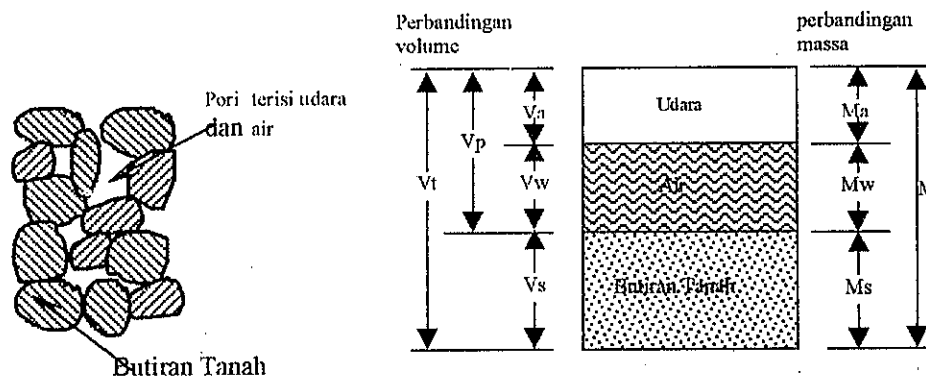
Limpasan permukaan terjadi apabila hujan atau pemberian air lebih melampaui

kapasitas tampungan. Besar limpasan dapat diukur dengan cara melokalisir limpasan dan mengukurnya dengan alat ukur debit. Disamping itu besar limpasan dapat dihitung berdasarkan imbang air di lahan (Rahmad Jayadi, 1988).

3.6 Sifat Fisik Tanah

Komposisi tanah untuk keperluan pertanian pada umumnya berupa tanah mineral dengan kandungan bahan organik atau humus yang relatif berjumlah sedikit. Tanah pada umumnya terdiri atas butiran tanah, udara dan air yang mengisi pori-pori di antara butiran tanah (Michael, 1978, Walker, 1987, Sudjarwadi, 1990).

Gambar 3.2 memperlihatkan keberadaan air dan udara pada pori butiran tanah.



keterangan :

M_a = Massa udara (dianggap = 0)
 M_w = Massa air
 M_s = Massa butiran tanah kering
 M_t = Massa Total

V_w = Volume air
 V_s = Volume tanah
 V_a = Volume udara
 V_p = Volume pori (udara dan air)
 V_t = Volume Total

Gambar 3.2. Keberadaan Air dan Udara Pada Pori Tanah

(Sumber : Michel 1978, Walker 1987, dan Sudjarwadi, 1990)

Kandungan butiran tanah relatif tetap, namun kandungan air dan udara dalam tanah relatif berubah-ubah jumlahnya. Perbedaan kandungan air dan udara dapat diperlihatkan dalam parameter porositas, angka pori, berat jenis dan kadar air.

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori (jumlah antara volume udara dan air) dengan volume total, seperti diperlihatkan persamaan 3.8 berikut ini.

$$n = \frac{V_p}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_a + V_w + V_s} \quad (3.8)$$

dimana,

n = porositas

V_p = Volume pori (udara dan air)

V_t = Volume total

V_a = Volume udara

V_w = Volume air

V_s = Volume tanah

Angka pori adalah besaran yang mencerminkan perbandingan antara volume pori dengan volume butiran, seperti diperlihatkan pada persamaan 3.9.

$$e = \frac{V_p}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_s} \quad (3.9)$$

dimana,

e = angka pori

V_p = Volume pori (udara dan air)

V_s = Volume tanah

V_a = Volume udara

V_w = Volume air

Berat jenis tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air, seperti diperlihatkan pada persamaan 3.10.

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.10)$$

dimana,

G = berat jenis tanah

γ_s = berat isi butir tanah

γ_w = berat isi air

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butiran, seperti diperlihatkan pada persamaan 3.11.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \quad (3.11)$$

dimana,

W = Kadar Air (%)

W_w = Berat air (gram)

W_s = Berat butiran tanah kering (gram)

Butiran tanah dapat diklasifikasikan sebagai pasir, lumpur, ataupun lempung berdasarkan distribusi ukuran butirnya. Perbandingan antara bagian-bagian yang berupa butir tanah, air dan udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan tanaman (Sudjarwadi, 1990).

3.7 Bentuk Lengas Tanah

Bentuk lengas tanah secara umum diklasifikasikan sebagai : (1) air gravitasi, (2) air kapiler, (3) air higroskopis. (Sudjarwadi, 1990). Air gravitasi merupakan air yang merembes kebawah diantara pori-pori akibat gaya gravitasi dan sebagian besar tidak melewati pori-pori kapiler. Air gravitasi ini dapat diserap oleh akar tanaman, tetapi hanya tersedia pada periode singkat karena air gravitasi tersebut hanya lewat, bukan merupakan penghuni pada zone perakaran.

Air kapiler merupakan bagian air dalam tanah yang terpegang pada pori-pori oleh gaya kapiler, dapat bergerak bebas kesegala arah tergantung pada tegangan-tegangan kapiler yang bekerja, tetapi gerakan air kapiler tetap masih dipengaruhi gaya gravitasi. Air kapiler merupakan titik-titik air yang mengisi pori-pori kapiler, dan kadang-kadang titik-titik air kapiler membentuk suatu rantai yang mengisi rangkaian pori kapiler maka rangkaian pori kapiler itu disebut pipa-pipa kapiler. Air kapiler ini dapat diserap oleh akar tanaman, sehingga juga merupakan air yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Sedangkan air higroskopis merupakan air yang ditahan oleh butiran tanah dan sangat sulit diserap oleh tanaman, kecuali oleh beberapa jenis tanaman gurun. Jumlah air higroskopis ini umumnya sedikit, kurang dari satu persen walaupun bisa mencapai nilai 15% pada tanah lempung tertentu.

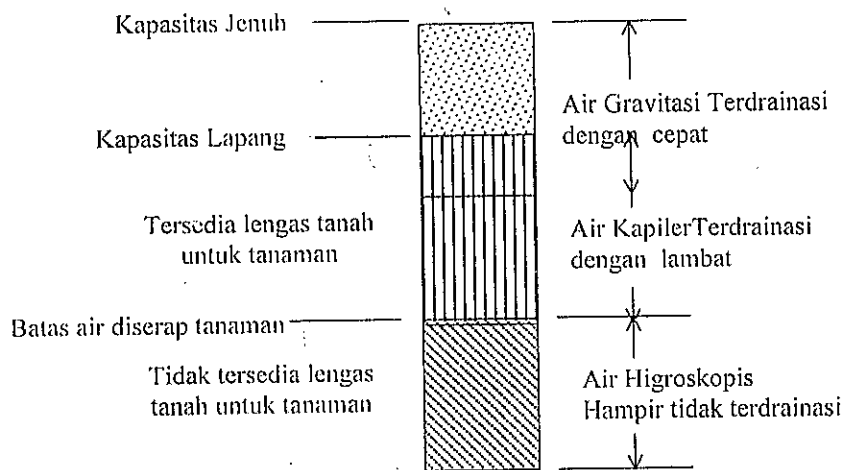
Dalam pembicaraan irigasi, terdapat dua sifat penting dalam kaitannya dengan lengas tanah, yaitu kapasitas lapang dan titik layu permanen. Air yang tersedia untuk tanaman dipandang sebagai sejumlah air yang berada diantara nilai kapasitas lapang dan nilai titik layu permanen (Sudjarwadi, 1990)

Kapasitas jenuh (*saturation capacity*) merupakan jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi seluruh ruang pori antara butir-butir tanah, jadi merupakan batas atas dari kelembaban tanah yang mungkin dicapai. Kapasitas jenuh ini sering dipandang sebagai kapasitas menahan kelembaban tanah maksimum.

Kapasitas lapang (*field capacity*) merupakan harga maksimum air kapiler yang dapat ditahan dalam kondisi drainase di zone perakaran, pada suatu keadaan muka air tanah cukup dalam, sehingga lengas tanah dari zone saturasi tidak bisa berpengaruh pada daerah zone perakaran. Harga kapasitas lapang ini merupakan prosentase lengas yang tetap berada pada tanah pada saat perkolasi dari tanah permukaan yang jenuh air berhenti. Secara praktis dapat dianggap bahwa kekuatan yang menahan air pada kapasitas lapang ini adalah kelebihan tegangan kapiler terhadap kekuatan gravitasi. Kapasitas lapang sering juga disebut kapasitas menahan kelembaban efektif (*effective water holding capacity*). Pada keadaan kapasitas lapang, volume udara dan volume air pada pori-pori tanah hampir sama, dan untuk sebagian besar jenis tanaman pertanian apabila perhitungan didasarkan pada volume maka dikehendaki bahwa kapasitas lapang jarang kurang dari $1/3$ tetapi tidak lebih dari $2/3$ dari kapasitas kejenuhan.

Titik layu permanen (*permanent wilting point*) merupakan jumlah lengas pada keadaan tanaman menjadi layu permanen pertama kali, yaitu harga lengas tanah dibawah harga itu air tidak dapat lagi diambil cukup cepat untuk mengimbangi kebutuhan transpirasi. Tambahan air selalu perlu diberikan sebelum titik layu ini dicapai, agar pertumbuhan tanaman dapat terjamin.

Titik layu akhir (*total wilting point*) merupakan harga lengas pada saat tanaman layu seluruhnya. Pada saat dicapai titik layu permanen tanaman mulai layu akar tanaman masih mampu menyerap sebagian kecil air untuk mempertahankan hidupnya mungkin sampai diberi tambahan air irigasi tanaman masih tetap hidup. Tetapi apabila mulai layu dan proses itu berlangsung terus tanpa mendapat tambahan air irigasi akhirnya seluruh bagian tanaman itu layu, dan pada saat inilah tercapai titik layu akhir. Gambar 3.3 memperlihatkan klasifikasi ketersediaan air untuk tanaman dan gerakan airnya.



Gambar 3.3 Klasifikasi Ketersediaan Air Untuk Tanaman dan Gerakan Airnya (Sumber Cuenca R.H., 1989)

3.8 Teknik Pemberian Air Irigasi

Salah satu cara budidaya padi di sawah adalah dengan penggenangan. Sawah merupakan lahan pertanian yang berpetak-petak, dengan permukaan yang datar, dan dibatasi oleh galengan sebagai tanggul untuk menahan air. Pemberian air irigasi untuk tanaman padi di sawah secara umum dapat dilakukan dengan pemberian air irigasi secara kontinyu, pemberian air irigasi secara terjadwal, pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dan pemberian irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.

Pemberian air secara kontinyu dilakukan sedemikian rupa sehingga air diberikan secara terus menerus disesuaikan dengan tahap pertumbuhan tanaman. Cara ini digunakan dengan pertimbangan :

- a) Air tersedia dengan cukup, misalnya pada sawah-sawah yang terletak pada pegunungan
- b) Mempertahankan temperatur tanah dari keadaan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah
- c) Menghemat tenaga untuk pengelolaan air
- d) Menekan tumbuhnya gulma

Pemberian air irigasi secara terjadwal dilakukan dengan pengisian air secara periode waktu tertentu. Cara ini baik untuk dipraktekkan pada daerah-daerah yang kurang air. Yang harus dipertimbangkan adalah mengetahui periode kritis dari pertumbuhan tanaman padi.

Beberapa keuntungan dari pemberian air irigasi secara terjadwal adalah :

- a) Untuk daerah yang ketersediaan airnya terbatas dapat dilakukan penghematan air, sehingga penyediaan air untuk seluruh daerah dapat terjamin
- b) Untuk daerah yang ketersediaan airnya cukup melimpah, kelebihan air dapat digunakan untuk memperluas lahan sawah ataupun untuk kebutuhan selain pertanian
- c) Memperbaiki aerasi pada tanah
- d) Memutus siklus hidup nyamuk malaria

Sedangkan beberapa kelemahan dari pemberian air irigasi secara terjadwal adalah :

- a) Diperlukan fasilitas tambahan untuk pengaturan air
- b) Memerlukan tenaga untuk pengoperasian
- c) Pengaturan jumlah air dan periode yang tidak tepat akan menjadikan pemberian air yang berlebihan (boros)
- d) Mempercepat tumbuhnya gulma.

Pemberian air irigasi secara terkontrol dilakukan dengan cara memberi air pada saat muka air melampaui suatu kondisi tertentu, dapat berupa genangan minimum tertentu atau lengas tanah minimum tertentu. Pemberian air irigasi dilakukan sampai mencapai suatu genangan yang ditentukan. Cara ini hampir sama dengan pemberian air irigasi secara terjadwal, hanya yang menjadi pertimbangan dalam pemberian air irigasi adalah bukan periode waktu tetapi kondisi tinggi genangan di sawah ataupun lengas tanah.

Sama seperti metode terjadwal, pemberian air irigasi secara terkontrol baik untuk dipraktekkan pada daerah-daerah yang kurang air. Beberapa keuntungan dari pemberian air irigasi secara terkontrol adalah :

- a) Untuk daerah yang ketersediaan airnya terbatas dapat dilakukan penghematan air, sehingga penyediaan air untuk seluruh daerah dapat terjamin
- b) Untuk daerah yang ketersediaan airnya cukup melimpah, kelebihan air dapat digunakan untuk memperluas lahan sawah ataupun untuk kebutuhan selain pertanian
- c) Memperbaiki aerasi pada tanah
- d) Memutus siklus hidup nyamuk malaria

Sedangkan beberapa kelemahan dari pemberian air irigasi secara terkontrol adalah:

- a) Diperlukan fasilitas tambahan untuk pengaturan air
- b) Memerlukan tenaga untuk pengamatan dan pengoperasian
- c) Mempercepat tumbuhnya gulma.

3.9 Model Simulasi

Model simulasi merupakan salah satu metode analisis untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang dimaksudkan untuk mencari solusi optimum dengan menggunakan model. Dalam konteks *operation research*, teknik optimasi cenderung diselesaikan dengan *mathematical programming*, diantaranya adalah menggunakan (1) kalkulus, (2) program linier, (3) program tidak linier, dan (4) program dinamik (Rachmad Djayadi, 1995). Sedangkan dalam konteks penyelesaian permasalahan sumberdaya air, Sudjarwadi (1987), memasukkan model simulasi dalam model optimasi.

Secara garis besar yang dimaksud dengan model adalah tiruan atau penyederhanaan dari suatu sistem atau fenomena di alam dengan maksud untuk mempelajari ataupun mencari solusi dari suatu sistem atau fenomena alam. Optimasi adalah suatu upaya untuk mendapatkan keputusan terbaik sesuai kriteria yang telah ditentukan dan sejumlah kendala ataupun keterbatasan yang ada. Sedangkan simulasi

adalah proses eksperimental yang menirukan suatu sistem atau fenomena.

Model simulasi dimaksudkan untuk mereproduksi karakteristik penting dari sistem yang akan dipelajari. Sistem sesungguhnya ditiru, kemudian dipelajari dengan memberi masukan dan kondisi sesuai skenario yang dimaksudkan. Simulasi adalah proses eksperimental dengan model simulasi untuk menganalisis unjuk kerja (*performance*) suatu sistem atau fenomena dengan kondisi yang bervariasi. (Wurb, R.A., 1996). Model simulasi dapat berupa model fisik ataupun model matematik.

Konteks simulasi pada akhir-akhir ini mengarah pada pengertian sebagai suatu alat yang dirumuskan dengan menggunakan hubungan bersifat aljabar. Model simulasi tidak ditujukan untuk penyelesaian secara analitik, namun disimulasikan dengan komputer (Sudjarwadi, 1987). Dengan menggunakan model simulasi, hubungan antara masukan, proses, dan keluaran suatu sistem dapat dipelajari. Penerapan model simulasi dalam teknik irigasi merupakan salah satu contoh pemecahan masalah yang kompleks. Disamping sebagai alat analisis, model simulasi dapat digunakan sebagai landasan dalam proses pengambilan keputusan.

Viessman (1977) mengusulkan tiga tahapan utama yang diperlukan dalam penyusunan model simulasi yaitu : (1) identifikasi sistem, (2) perumusan model, dan (3) fase implementasi.

Tahap kesatu adalah identifikasi sistem meliputi pengenalan lokasi dan pengumpulan data yang diperlukan untuk model simulasi. Pada tahap ini dipelajari fenomena alam yang terjadi dan berbagai aspek fisik yang terkait, untuk selanjutnya digunakan sebagai landasan perumusan model.

Tahap kedua adalah perumusan model meliputi pemilihan teknik yang representatif, formulasi matematik, dan penerjemahan ke dalam program komputer. Pada tahap perumusan model dilakukan seleksi parameter dan variabel yang dominan. Disamping itu dirumuskan hubungan antar parameter dan variabel tersebut. Hasil akhir dari tahapan ini adalah suatu model simulasi yang merepresentasikan suatu sistem dengan parameter dan variabel dominan yang telah ditentukan.

Tahap ketiga adalah fase implementasi meliputi validasi model, modifikasi

algoritma dan pemakaian model untuk aplikasi dalam praktek. Validasi model merupakan tahapan untuk menguji kesesuaian antara model dengan sistem di alam yang ditiru. Dalam rangka menuju kesesuaian antara model dengan sistem di alam, perlu dilakukan modifikasi algoritma. Apabila model sudah dipandang sesuai dengan sistem yang ditiru selanjutnya dapat diaplikasikan dalam praktek.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur hitungan simulasi pemanfaatan air hujan untuk irigasi memerlukan data dan informasi yang digunakan untuk menentukan parameter dan variabel. Selanjutnya parameter dan variabel tersebut digunakan untuk menyusun skenario teknik pemberian air irigasi dalam simulasi model. Hasil simulasi model akan dipelajari dan dibahas untuk mengetahui pemanfaatan air hujan untuk irigasi yang paling optimal pada lokasi penelitian. Beberapa hal yang akan dibahas lebih lanjut antara lain pengumpulan data, penyusunan model simulasi, skenario simulasi dan prosedur penentuan analisis.

4.1 Metode Pengumpulan Data.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang diperlukan diantaranya adalah data curah hujan harian, data klimatologi, data pola tanam dan rencana tata tanam serta data karakteristik beberapa jenis tanaman yang ditinjau. Sedangkan data primer yang diperlukan adalah data karakteristik tanah terbatas untuk daerah sampel.

4.1.1 Pengumpulan Data Primer.

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi survai kondisi fisik daerah irigasi serta pengambilan sampel tanah.

Survai lapangan dimaksudkan untuk mempelajari sistem irigasi yang ada. Hal ini dilakukan sebagai langkah utama dalam memahami permasalahan di lapangan dan dalam rangka penyusunan model simulasi, serta penentuan lokasi sampel.

Data karakteristik tanah diperlukan untuk menentukan besaran yang berpengaruh pada masukan model, yaitu perkolasi, kapasitas jenuh, kapasitas lapang dan titik layu permanen. Beberapa parameter yang diperiksa antara lain kadar air tanah, berat jenis tanah, batas atterberg dan analisa gradasi butiran.

Data karakteristik tanah diperoleh dari pengambilan sampel tanah dan pemeriksaan di laboratorium. Prosedur penentuan lokasi dan cara pengambilan sampel data karakteristik tanah, dilakukan sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel tanah di Daerah Irigasi Tinalun dilakukan pada beberapa titik lokasi yang mewakili. Diharapkan lokasi pengambilan sampel tanah tersebut dapat mewakili masing-masing bagian daerah irigasi.
2. Cara pengambilan sampel tanahnya, sebagai berikut :
 - a. Menentukan titik sampel pada petak yang dipilih paling mewakili
 - b. Pipa PVC dengan diameter 2 “ dipotong-potong dengan panjang 60 cm, dengan panjang tersebut diharapkan tanah dalam zona perakaran tanaman..
 - c. Pipa PVC tersebut ditancapkan pada titik lokasi sampel tanah.
 - d. Tanah-tanah disekeliling Pipa PVC tersebut digali, sehingga Pipa PVC yang telah terisi tanah dapat diambil.
 - e. Pipa PVC tersebut ditutup dengan plastik, selanjutnya diadakan penelitian di laboratorium.

Pemeriksaan tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Parameter yang diperiksa, antara lain (1) kadar lengas tanah, (2) berat jenis tanah, (3) batas cair, (4) jenis dan gradasi tanah.

a. Penentuan Kadar Lengas Tanah

Nilai kadar lengas tanah diperoleh dari hasil penelitian laboratorium dari beberapa sampel tanah pada lokasi penelitian. Tujuan pemeriksaan lengas tanah adalah untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung di dalam tanah sampel.

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan kadar lengas tanah adalah

- 1) oven yang mempunyai suhu konstan 105° - 110° C,
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Desikator, alat untuk menyimpan tanah yang sudah dioven.
- 4) Cawan timbang tertutup dari aluminium.

Cara Pelaksanaan pemeriksaan kadar lengas tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Cawan timbang yang bersih dan kering ditimbang lengkap dengan tutupnya, misal beratnya W_1 .
- 2) Sampel tanah asli yang berasal dari lokasi penelitian dimasukkan dalam cawan timbang, kemudian ditimbang bersama tutupnya, misal beratnya W_2 .
- 3) Dalam keadaan terbuka cawan bersama tanah dimasukkan dalam oven dengan suhu $105^\circ - 110^\circ \text{C}$ selama 16 – 24 jam.
- 4) Cawan dengan tanah kering diambil dari oven, didinginkan dalam desikator.
- 5) Cawan tertutup bersama tanah kering ditimbang, misal beratnya W_3 .

Perhitungan dan analisis pemeriksaan lengas tanah/ kadar air adalah sebagai berikut :

- 1) Berat cawan kosong $= W_1$
- 2) Berat cawan + tanah basah $= W_2$
- 3) Berat cawan + tanah kering $= W_3$
- 4) Berat air $= W_2 - W_3$
- 5) Berat tanah kering $= W_3 - W_1$
- 6) Kadar air $= \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$.

b. Pemeriksaan berat jenis tanah

Nilai berat jenis tanah pada lokasi penelitian diperoleh dari hasil penelitian laboratorium. Tujuan pemeriksaan berat jenis tanah adalah Untuk mengetahui berat jenis tanah sampel.

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan berat jenis tanah antara lain adalah :

- 1) Piknometer yaitu botol gelas dengan lebar sempit dan dengan tutup dari gelas yang berlubang kapiler dengan kapasitas 50 cc.
- 2) Alat penimbang berat.
- 3) Air destilasi bebas udara.
- 4) Oven dengan suhu $105^\circ - 110^\circ \text{C}$.

- 5) Desikator.
- 6) Termometer.
- 7) Cawan porselin (mortar) dengan pastel (penumbuk berkepala) untuk menghancurkan gumpalan tanah menjadi butir-butir tanah tanpa merusak butir-butirnya sendiri.
- 8) Kompor.

Cara pelaksanaan pemeriksaan berat jenis tanah adalah sebagai berikut:

- 1) Piknometer dibersihkan luar dalam dan dikeringkan kemudian ditimbang, misal beratnya W_1 .
- 2) Sampel tanah yang telah dihancurkan dalam cawan porselin (mortar) dan kering oven dimasukkan ke dalam Piknometer. Piknometer yang berisi tanah bersama tutupnya ditimbang, misal beratnya W_2 .
- 3) Kedalam Piknometer diisikan air ± 10 cc sehingga tanah terendam seluruhnya dan dibiarkan ± 10 jam, kemudian ditambah air destilasi sampai kira-kira $2/3$ penuh.
- 4) Piknometer direbus ± 10 menit dengan sekali-sekali Piknometer dimiringkan agar udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah dapat dihilangkan.
- 5) Piknometer ditambah air destilasi sampai penuh dan ditutup. Bagian luar Piknometer dikeringkan dengan kain dan ditimbang, misal beratnya W_3 . Air dalam Piknometer diukur suhunya dengan termometer.
- 6) Piknometer dikosongkan dan dibersihkan kemudian diisi penuh dengan air destilasi bebas udara, ditutup dan diluarnya dikeringkan dengan kain kering serta ditimbang, misal beratnya W_4 .

Analisis dan perhitungan berat jenis tanah, sebagai berikut :

- | | | |
|------------------------------------|---------------|-------|
| 1) Berat Piknometer kosong | = W_1 | |
| 2) Berat Piknometer + tanah kering | = W_2 | |
| 3) Berat Piknometer + tanah + air | = W_3 | |
| 4) Berat Piknometer + air | = W_4 | |
| 5) Berat tanah kering | = $W_2 - W_1$ | = A |
| 6) Berat tanah basah | = $W_3 - W_4$ | = B |

$$7) C = A - B$$

$$8) \text{ Berat jenis tanah} = \frac{A}{C}$$

c. Pemeriksaan batas cair

Pemeriksaan batas cair dimaksudkan untuk mengetahui batas cair suatu tanah sampel, apakah tanah memerlukan tambahan air atau dikeringkan.

Alat Yang digunakan untuk pemeriksaan batas cair adalah sebagai berikut :

- 1) Ayakan No. 40 dengan lubang 0,42 mm.
- 2) Cawan/mangkuk besar.
- 3) Pisau pengaduk/spatula,
- 4) Alat Casagrande.
- 5) Pisau pembelah tanah/colet (grooving tools).
- 6) Desiccator.
- 7) Oven listrik suhu 110 ° C.
- 8) Neraca.
- 9) Mangkuk tempat contoh tanah.

Cara pelaksanaan/prosedur pemeriksaan batas cair yang dilakukan adalah :

- 1) Tanah yang melalui ayakan No. 40 dicampur dengan air di dalam cawan dan diaduk hingga homogen/merata betul serta jenuh.
- 2) Diambil sebagian contoh tanah tersebut dan diletakkan di dalam cawan Casagrande. Contoh tanah diratakan, kemudian tengahnya dibelah dengan colet sehingga terbelah dan membentuk seperti ujung colet.
- 3) Alat pemutar Casagrande diputar dengan kecepatan ± 2 putaran/detik dengan tinggi jatuh $\pm 1 - 2$ cm. Banyaknya putaran dihitung sampai kedua sisi tanah yang terbelah tadi bertaut kembali.
- 4) Setelah selesai tanah diambil sebagian untuk dihitung kadar airnya.
- 5) Percobaan dilakukan minimal 4 kali dengan rincian 2 kali di bawah dan 2 kali di atas 25 kali putaran.

- 6) Hasil percobaan tersebut digambar/diplot pada grafik, garis mendatar menunjukkan jumlah pukulan dengan skala log, dan garis tegak menunjukkan kadar air dengan skala linear.
- 7) Sebagai standar kadar air pada putaran 25 kali merupakan batas cair tanah sampel.

Perhitungan dan analisis batas cair adalah sebagai berikut :

- 1) Jumlah pukulan dicatat pada formulir dalam kolom jumlah pukulan, misal percobaan 1 = 30 kali.
- 2) Kemudian dihitung kadar airnya.

d. Pemeriksaan gradasi dan jenis tanah

Pemeriksaan gradasi dan jenis tanah dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir suatu sampel tanah.

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan gradasi dan jenis tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Satu set ayakan dengan ukuran lubang : 1,5 “, 1 “, 0,75 “, 0,0375 “, No. 4 (4,750 mm), No. 8 (2,360 mm), No. 30 (0,600 mm) No. 50 (0,300 mm), No. 100 (2,150 mm), dan No. 200 (0,075 mm).
- 2) Neraca dengan ketelitian 0,20 % benda uji.
- 3) Oven listrik 110 ° C.
- 4) Mesin penggetar ayakan (Sieve Shaker).
- 5) Alat pemisah contoh tanah.
- 6) Talam.
- 7) Kuas, sikat kuning, skop kecil, dan lain-lain.

Cara pelaksanaan pemeriksaan gradasi dan jenis tanah pada laboratorium adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel tanah dikeringkan kering oven.
- 2) Ayakan sampel tanah dengan susunan ayakan dengan lubang paling besar diatas dan terkecil dibawah serta alas.

- 3) Ayakan digoyang dengan tangan atau digetar dengan mesin penggetar selama 15 menit.
- 4) Sampel tanah yang tertahan pada tiap-tiap ayakan ditimbang beratnya.

Perhitungan jenis tanah dan gradasinya adalah sebagai berikut :

- 1) Hitung berat sampel yang tertahan pada tiap-tiap ayakan dan dijumlah.
- 2) Hitung persentase sampel tanah yang tertahan pada tiap-tiap ayakan dan dijumlah.
- 3) Hitung persentase yang lolos pada tiap-tiap ayakan.
- 4) Hasil-hasil tersebut digambar dikertas grafik yang sudah disediakan.

Dari kurva yang diperoleh akan diketahui jenis tanahnya dan gradasinya.

4.1.2 Pengumpulan Data sekunder.

Pengumpulan data sekunder dalam penelitian ini, meliputi data curah hujan, data klimatologi, data jenis tanaman, data pola tanam dan rencana tanam, serta peta dan skema jaringan irigasi.

4.1.2.1 Data Curah Hujan Harian.

Data curah hujan ini diperlukan untuk menganalisa imbangan air atmosferik terhadap kebutuhan air untuk tanaman. Data curah hujan dikumpulkan dari stasiun curah hujan yang representatif terhadap lokasi penelitian. Panjang data curah hujan sedapat mungkin mencukupi untuk digunakan simulasi. Untuk penelitian ini digunakan data hujan Stasiun Klepu yang terletak di Desa Klepu, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang dari tahun 1996 sampai dengan 2000.

4.1.2.2 Data Klimatologi.

Data klimatologi diperlukan untuk menentukan evapotranspirasi tetapan, selanjutnya digunakan untuk menganalisis kebutuhan konsumtif tanaman (evapotranspirasi). Data klimatologi yang diperlukan berupa catatan evaporasi panci harian dari stasiun klimatologi terdekat. Untuk penelitian ini digunakan data klimatologi Stasiun Ungaran dari tahun 1996 sampai dengan 2000

4.1.2.3 Data Jenis Tanaman.

Data jenis tanaman diperlukan untuk mengetahui tanggapan berbagai jenis tanaman terhadap air. Beberapa sifat penting yang perlu diketahui, antara lain usia tanaman, kedalaman akar, evapotranspirasi dan respon tanaman terhadap kekurangan lengas tanah.

4.1.2.4 Data Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam.

Data pola tanam diperlukan sebagai pedoman penentuan jadwal tanam pada lokasi penelitian. Jadwal tanam meliputi awal masa tanam, jenis tanaman dan luas areal tanam. Dalam menyusun pola tanam pada suatu daerah irigasi perlu diperhatikan hal-hal, antara lain : (1) keinginan dan kebiasaan petani, (2) kebijakan pemerintah, (3) kesesuaian lahan, (4) ketersediaan air, (5) iklim, (6) ketersediaan tenaga kerja, dan (7) input usaha tani.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut diatas, maka pola tanam dan rencana tata tanam pada suatu daerah irigasi disusun secara *bottom up* dan *top down* yang selanjutnya ditetapkan oleh Panitia Irigasi Kabupaten/Kota dengan Surat Keputusan Bupati/Walikota setiap tahunnya, sebagai pedoman masyarakat petani dalam pelaksanaan pola tanam dan rencana tata tanam setiap tahunnya.

Untuk mempermudah pembagian air hendaknya diusahakan, agar dalam suatu masa tanam dalam satu petak tersier hanya ditanam satu jenis tanaman saja.

4.1.2.5 Peta dan Skema Jaringan Irigasi.

Data ini berguna sebagai acuan dalam menentukan lokasi stasiun hujan yang dipakai dalam menghitung air hujan, lokasi stasiun Klimatologi, lokasi sampel tanah yang akan diteliti di laboratorium dan mengetahui sistem jaringan irigasi Tinalun yang berada di Kabupaten Semarang. Skema Jaringan Irigasi Tinalun terlihat pada Gambar 4.1, sebagaimana lampiran 1.

4.2 Penyusunan Model

Untuk mempelajari pengaruh berbagai teknik pemberian air terhadap besar hujan efektif dan kebutuhan air untuk berbagai jenis tanaman diteliti dengan mengembangkan suatu model simulasi, yang dapat memberi keluaran berupa status genangan air di lahan,

status lengas tanah, hujan efektif, dan kebutuhan air irigasi dari beberapa skenario teknik pemberian air irigasi yang telah dirumuskan.

Selanjutnya dengan bantuan model tersebut dilakukan simulasi dengan beberapa parameter teknik pemberian air irigasi yang dapat memberi keluaran berupa sumbangan hujan efektif, kebutuhan air irigasi dan efisiensi irigasi dari beberapa skenario teknik pemberian air irigasi secara kontinyu, pemberian air irigasi secara terjadwal, pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dan pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah.

4.2.1 Parameter dan Variabel Model

Beberapa parameter penting dalam model imbalan air di sawah adalah : (1) tinggi genangan maksimum (GEMAK), yaitu tinggi genangan maksimal yang mampu ditampung selebihnya akan melimpas. (2) tinggi genangan normal (GENOR) yaitu tinggi genangan yang ditentukan sehingga pemberian air dihentikan, (3) tinggi genangan minimum (GEMIN) yaitu tinggi genangan yang ditentukan sehingga harus dilakukan pemberian air, (4) lengas tanah minimum (LTMIN) yaitu kadar lengas tanah yang ditentukan sehingga harus dilakukan pemberian air, (5) pemberian air irigasi, yaitu tinggi pemberian air irigasi serta (6) hujan efektif, yaitu sumbangan air hujan yang mengisi tampungan dan lengas tanah.

Berikut ini disampaikan beberapa parameter yang digunakan dalam model imbalan air di sawah.

a. Intersepsi

Kapasitas intersepsi dihitung dengan menggunakan persamaan empirik yang diusulkan oleh Jayadi berdasarkan persamaan Hossain (Jayadi, 1988).

$$ICP_n = 0,5 e^{0,48} (HJ_n)^{0,85} - 0,93242 \quad (4.1)$$

dengan

ICP_n = Kapasitas Intersepsi pada hari ke n

HJ_n = Hujan hari ke n

b. Hujan efektif dasar

Hujan efektif dasar adalah curah hujan yang jatuh pada petak sawah setelah mengalami intersepsi dan penguapan.

$$HED_n = HJ_n - ICP_n \quad \text{bila } HJ_n \geq ICP_n \quad (4.2)$$

$$HED_n = 0 \quad \text{bila } HJ_n < ICP_n \quad (4.3)$$

dengan,

HED_n = Hujan efektif dasar hari ke n

c. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi ditentukan berdasarkan data catatan penguapan panci harian dan jenis tanaman sebagaimana persamaan 4.4.

$$ET = kc \times ET_o \quad (4.4)$$

$$ET_o = E_{pan} \times k_{pan} \quad (4.5)$$

dengan :

ET = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

kc = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi tetapan/tanaman acuan (mm/hari)

E_{pan} = Evaporasi Panci (mm/hari)

k_{pan} = koefisien panci

d. Perkolasi

Laju perkolasi ditentukan berdasarkan sifat-sifat tanah, untuk 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.

e Karakteristika Tanah

Parameter karakteristik tanah diperlukan untuk menentukan batas-batas ketersediaan lengas tanah untuk tanaman, yaitu kapasitas lapang dan titik layu permanen. Beberapa parameter karakteristik yang digunakan dalam hitungan adalah kapasitas jenuh, kapasitas lapang dan titik layu permanen.

Nilai kapasias jenuh dapat ditentukan berdasarkan porositas tanah dan kedalaman zona perakaran (Sudjarwadi, 1987).

$$KAJ = n \cdot z \quad (4.6)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (4.7)$$

$$S \cdot e = G \cdot w \quad (4.8)$$

dengan

KAJ = Kapasitas jenuh (mm dalam kedalaman air ekuivalen)

n = Porositas tanah (%)

z = Kedalaman tanah / zona perakaran (mm)

e = Angka pori

S = Derajat penuh air (%) pada kondisi jenuh $S = 1$

w = Kadar air (%)

Sudjarwadi (1990) mengusulkan penentuan nilai kapasitas lapang berdasarkan kapasitas jenuh, yaitu :

$$KAL = 2/3 KAJ \quad (4.9)$$

dengan

KAL = Kapasitas lapang (mm dalam kedalaman air ekuivalen)

KAJ = Kapasitas jenuh (mm dalam kedalaman air ekuivalen)

Titik layu permanen berkait erat dengan lengas tanah yang mampu ditahan oleh tegangan sebesar 15 atmosfer, Michael (1978). Dalam rangka memberi batasan air yang tersedia untuk tanaman, Michael (1978) telah membuat daftar nilai prosentase berat kering beberapa jenis tanah pada kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rentang Ketersediaan Air dan Lengas Tanah

Jenis Tanah	Persen lengas tanah berdasarkan berat kering tanah		Kedalaman ketersediaan air per unit tanah (cm per meter kedalaman tanah)
	Kap. Lapang	Titik Layu Permanen	
Pasir	3 - 5	1 - 3	2 - 4
Lempung liat berpasir	5 - 15	3 - 8	4 - 11
Lumpur liat	12 - 18	6 - 10	6 - 13
Lempung liat	15 - 30	7 - 16	10 - 18
Lempung	25 - 40	12 - 20	16 - 30

Sumber : Michael (1978)

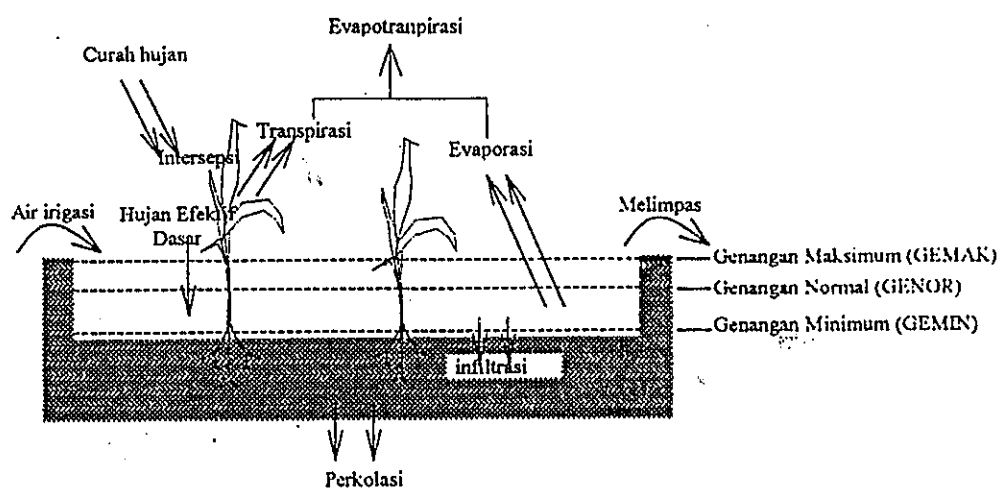
4.2.2 Model Imbangan Air

Struktur model disusun berdasarkan imbangan air di sawah dengan mengikuti prinsip kontinuitas, yaitu selisih masukan dan keluaran akan mempengaruhi perubahan tampungan. Dalam model imbangan air di sawah masukan berupa air hujan dan air irigasi, sedangkan keluaran berupa evapotranspirasi, dan perkolasi. Perubahan tampungan berupa fluktuasi tinggi genangan dan lengas tanah di sawah.

Mencermati proses siklus imbangan air di lahan, apabila terjadi hujan, sebagian air hujan akan tertahan (intersepsi) oleh daun-daun padi, sebagian lainnya akan jatuh sebagai *throughfall* dan *stremflow*. Penutupan daun padi pada areal sawah merupakan

fungsi waktu sesuai tingkat-tingkat pertumbuhan tanaman. Air hujan yang tidak terintersepsi akan mengisi petak sawah dan menaikkan tinggi genangan. Apabila hujan sangat deras, tinggi genangan dapat naik sedemikian rupa sehingga timbul limpasan.

Air yang menggenangi petak sawah akan terinfiltrasi ke dalam zona perakaran, selanjutnya terjadi perkolasi dan evapotranspirasi. Akibat proses tersebut genangan air dapat berfluktuasi sampai genangan minimum. Untuk menjamin ketersediaan air di sawah dapat dilakukan dengan pemberian air secara kontinyu, terjadwal maupun terkontrol. Logika yang digunakan untuk penyusunan model sebagaimana Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Logika Model Imbangan Air di Sawah (Sudjarwadi, 1990)

Imbangan air irigasi mengikuti persamaan kontinuitas seperti tertulis pada persamaan 3.1.

Berdasarkan persamaan kontinuitas tersebut, imbangan air di lahan irigasi dapat ditulis sebagai berikut.

$$(HED_n + PAI) - (E_t + P_n) = GH_n - GH_{n-1} \quad (4.10)$$

dengan

HED_n = Hujan efektif dasar hari ke n

PAI	=	Pemberian air irigasi (mm)
E_{t_n}	=	Evapotranspirasi hari ke n
P_n	=	Perkolasi hari ke n
G_{H_n}	=	Tinggi genangan hari ke n
$G_{H_{n-1}}$	=	Tinggi genangan hari ke n - 1

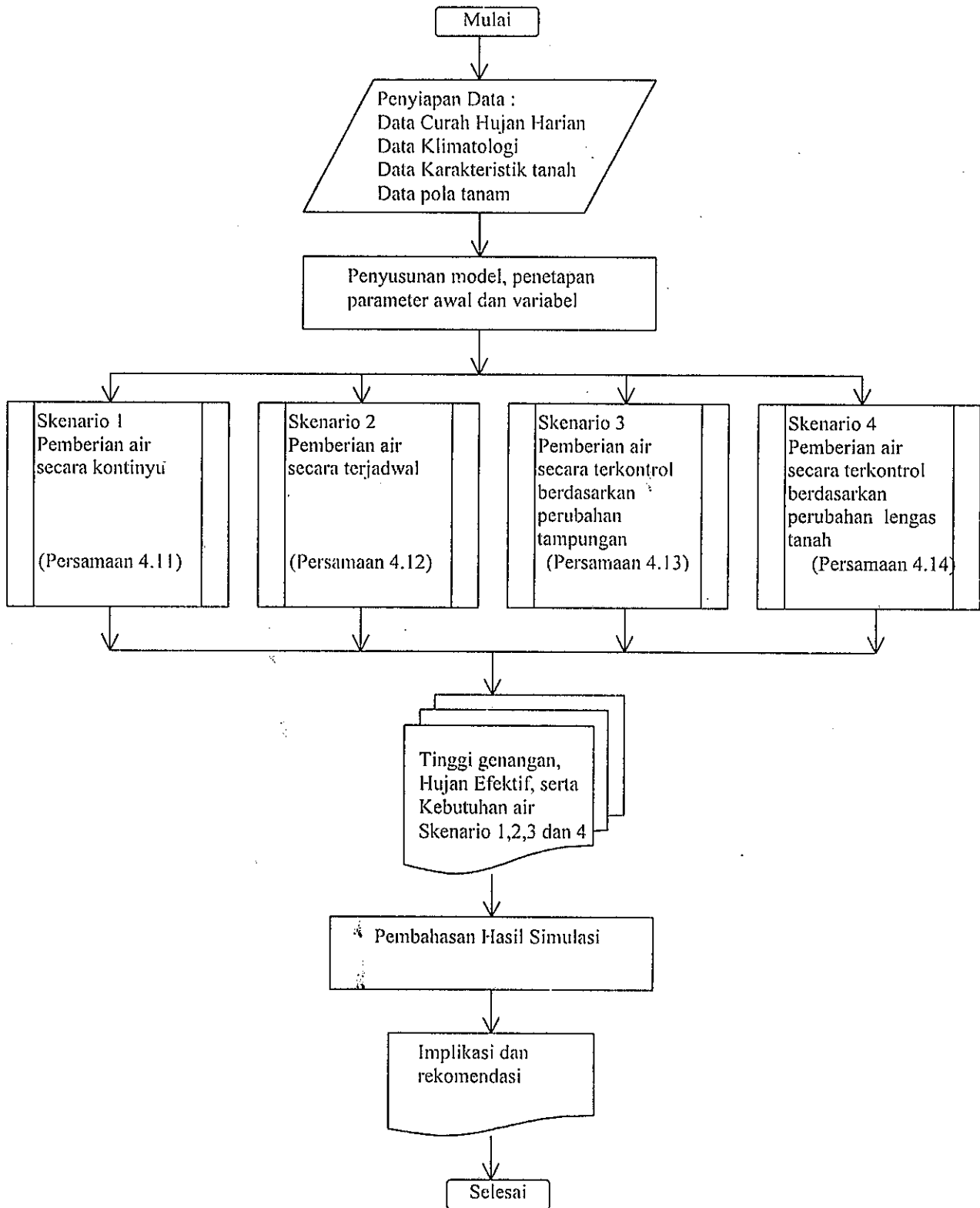
4.3 Skenario Simulasi

Prosedur hitungan simulasi dengan menggunakan model yang dilakukan dengan bantuan program komputer. Untuk memberi keluaran yang optimal perlu dirumuskan beberapa skenario teknik pemberian air irigasi. Teknik pemberian air yang disimulasikan dikelompokkan menjadi 4 (empat) kelompok, yaitu pemberian air secara kontinyu, pemberian air secara terjadwal, dan pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dan terkontrol berdasarkan perubahan lensa tanah.

Secara umum langkah utama simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Penyiapan data,
2. Penentuan parameter awal,
3. Perumusan skenario simulasi,
4. Proses hitungan, dan
5. Hasil simulasi.

Gambar 4.3 memperlihatkan flowchart simulasi.



Gambar 4.3 Flowchart Model Simulasi

4.3.1 Pemberian air irigasi secara kontinyu

Pemberian air secara kontinyu 3 mm, dilakukan dengan mengalirkan air secara terus menerus ke dalam petak sawah. Besar debit pemberian air ditentukan dengan memperhatikan pemanfaatan hujan yang jatuh dalam petak dan tidak terjadi genangan kurang dari nol. Status tinggi genangan di lahan pada hari ke n untuk pemberian air irigasi secara kontinyu dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$GH_n = GH_{n-1} + HED_n + PAI - Et_n - P_n$$

$GH_n > GEMAK$;	maka $GH_n = GEMAK$	} (4.11)
$0 < GH_n < GEMAK$;	maka $GH_n = GH_n$	
$GH_n < 0$;	maka $GH_n = 0$	

dengan

GH_n = tinggi genangan hari ke n

GH_{n-1} = tinggi genangan hari ke n - 1

HED_n = hujan efektif dasar hari ke n

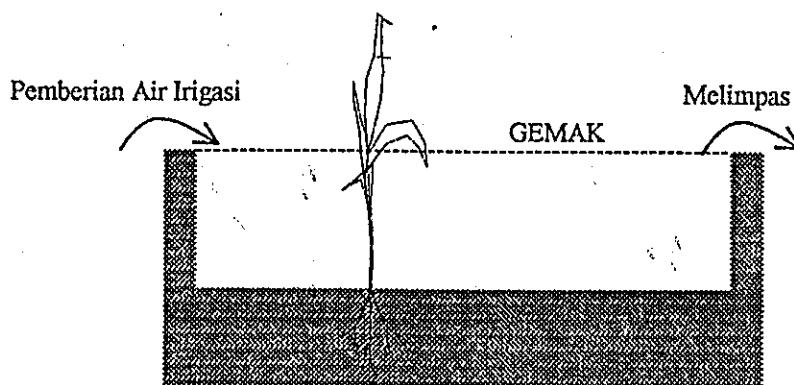
Et_n = Evapotranspirasi hari ke n

P_n = Perkolasi hari ke n

GEMAK = Tinggi genangan maksimum

PAI = Pemberian air irigasi (mm)

Secara skematis batasan genangan air di sawah untuk pemberian air irigasi secara kontinyu, sebagaimana Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah
Pemberian Air Irigasi Secara Kontinyu**

4.3.2 Pemberian air irigasi secara terjadwal

Pemberian air irigasi secara terjadwal, dilakukan dengan memberikan air secara periodik setiap sejumlah hari yang ditentukan (sesuai operasi). Besar air irigasi yang diberikan adalah sampai genangan air normal. Status tinggi genangan di lahan pada hari ke n untuk pemberian air secara terjadwal dirumuskan dengan persamaan :

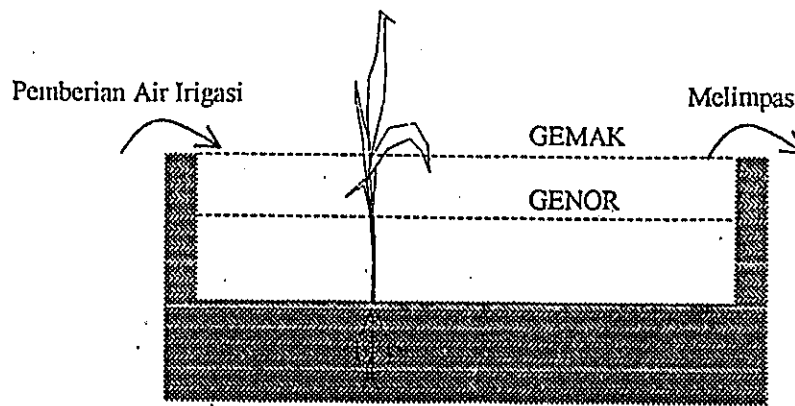
$$GH_n = GH_{n-1} + HED_n - ET_n - P_n$$

$GH_n > GEMAK$;	maka $GH_n = GEMAK$	} (4.12)
$0 < GH_n < GEMAK$;	maka $GH_n = GH_n$	
$GH_n < 0$;	maka $GH_n = 0$	
$n = \text{periode pemberian air}$; maka $GH_n = GENOR$, $PAI = GENOR$			

dengan

- GH_n = tinggi genangan hari ke n
- GH_{n-1} = tinggi genangan hari ke n - 1
- HED_n = hujan efektif dasar hari ke n
- Et_n = Evapotranspirasi hari ke n
- P_n = Perkolasi hari ke n
- $GENOR$ = Tinggi genangan normal
- $GEMAK$ = Tinggi genangan maksimum
- PAI = Pemberian Air Irigasi

Gambar 4.5 memberikan secara skematis batasan genangan air di lahan sawah untuk pemberian air irigasi secara terjadwal.



**Gambar 4.5 Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah
Pemberian Air Irigasi Secara Terjadwal**

4.3.3 Pemberian air irigasi terkontrol berdasarkan perubahan tampungan

Pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dilakukan dengan memberikan air jika kondisi genangan mencapai ketinggian tertentu. Pada prosedur perhitungan model tinggi genangan dimana air segera ditambahkan disebut GEMIN (genangan minimum). Besar GEMIN dapat dilakukan sampai kedalaman 0. Air irigasi diberikan sampai ketinggian genangan normal (GENOR). Status tinggi genangan di lahan pada hari ke n untuk pemberian air secara terkontrol dirumuskan dengan persamaan :

$$GH_n = GH_{n-1} + HED_n - ET_n - P_n$$

$GH_n > GEMAK$;	maka $GH_n = GEMAK$	} 4.13
$GEMIN < GH_n < GENOR$;	maka $GH_n = GH_n$	
$GH_n < GEMIN$;	maka $GH_n = GENOR$, $PAI = GENOR$	

dengan

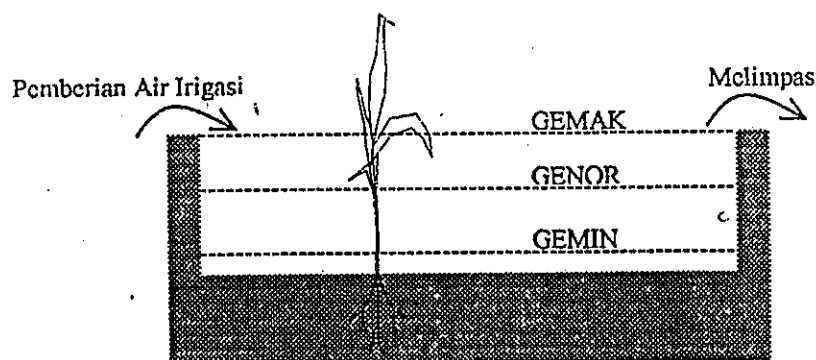
GH_n = tinggi genangan hari ke n

GH_{n-1} = tinggi genangan hari ke $n - 1$

HED_n = hujan efektif dasar hari ke n

- E_{t_n} = Evapotranspirasi hari ke n
 P_n = Perkolasi hari ke n
 GEMIN = Tinggi genangan minimum
 GENOR = Tinggi genangan normal
 GEMAK = Tinggi genangan maksimum
 PAI = Pemberian Air Irigasi

Gambar 4.6 memberikan secara skematis batasan genangan air di sawah untuk pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.



Gambar 4.6 Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah Pemberian Air Irigasi Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungan

4.3.4 Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah

Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah dilakukan dengan memberikan air jika kondisi lengas tanah mencapai harga tertentu. Pada prosedur perhitungan model lengas tanah dimana air segera ditambahkan disebut LTMIN (lengas tanah minimum).

Besar LTMIN dapat dilakukan sampai pada saat kapasitas lapang atau bahkan pada kondisi lengas tanah di bawah kapasitas lapang. Air irigasi diberikan sampai ketinggian genangan normal (GENOR). Status tinggi genangan di lahan pada hari ke n untuk pemberian air secara terkontrol dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$GH_n = GH_{n-1} + HED_n - ET_n - P_n$$

$$GH_n > GEMAK \quad ; \quad \text{maka } GH_n = GEMAK$$

$$GH_n > 0 \quad ; \quad \text{maka } LT_n = KAJ$$

$$GH_n < 0 \quad ; \quad \text{maka } GH_n = 0, \quad LT_n = LT_{n-1} + HED_n + E_{a_n} - P_n$$

$$E_{a_n} = \frac{LT_n}{KAJ} ET$$

$$LT_n > KAJ \quad ; \quad \text{maka } LT_n = KAJ, \quad GH_n = LT_n - KAJ$$

$$LT_n < LT_{MIN} \quad ; \quad \text{maka } GH_n = GENOR, \quad PAI = GENOR + DLT_n$$

dengan :

GH_n = tinggi genangan hari ke n

GH_{n-1} = tinggi genangan hari ke n - 1

HED_n = hujan efektif dasar hari ke n

ET_n = Evapotranspirasi hari ke n

P_n = Perkolasi hari ke n

GENOR = Tinggi genangan normal

GEMAK = Tinggi genangan maksimum

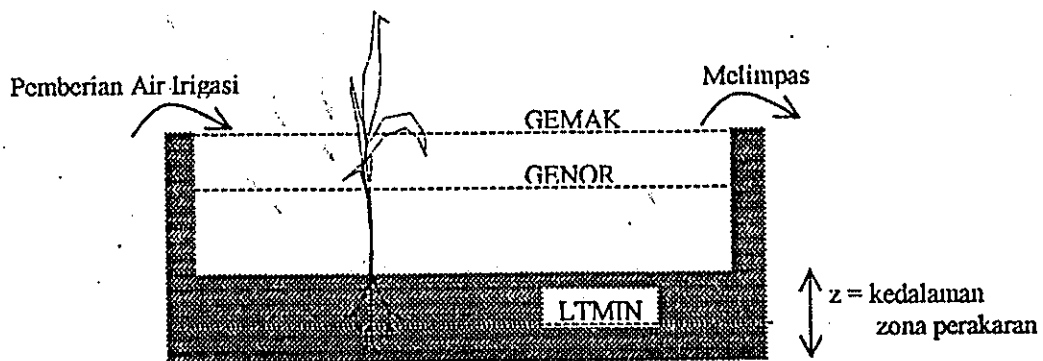
LT_n = Lengas Tanah hari ke n

LTMIN = Lengas Tanah Minimum

DLT_n = Defisit Lengas Tanah = $KAJ - LT_n$

E_{a_n} = Evapotranspirasi nyata pada hari ke n.

Gambar 4.7 memberikan secara skematis batasan genangan air di sawah untuk pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah.



Gambar 4.7 Batasan Tinggi Genangan Air di Sawah Pemberian Air Irigasi Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah

4.4 Prosedur Penentuan Analisis.

Penentuan analisis dimaksudkan untuk memecahkan tujuan yang akan dicapai dalam analisis dan pembahasan guna peningkatan ketersediaan dan pemanfaatan air hujan untuk irigasi. Untuk selanjutnya dipakai dalam penentuan kesimpulan dengan kriteria-kriteria yang ditentukan.

4.4.1. Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif (EPHE).

Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif adalah perbandingan antara hujan efektif dengan curah hujan yang turun dalam satu masa tanam, atau dapat ditulis sebagai berikut.

$$EPHE = \frac{HE}{HJ} \times 100\% \quad (4.15)$$

dengan,

EPHE = Efisiensi Pemanfaatan Hujan efektif

HE = Hujan Efektif satu Masa Tanam (mm)

HJ = Curah Hujan satu Masa Tanam (mm)

Besaran EPHE dimaksudkan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan hujan efektif relatif dibanding dengan curah hujan yang turun, mempunyai kisaran nilai antara 0 sampai dengan 100 %. Semakin rendah nilai EPHE mencerminkan semakin kecil pemanfaatan curah hujan untuk keperluan tanaman. Sebaliknya semakin besar (mendekati 100 %), maka semakin besar curah hujan yang mampu dimanfaatkan.

4.4.2. Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (RHEKAI).

Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (RHEKAI) adalah perbandingan antara jumlah hujan efektif dengan jumlah kebutuhan air irigasi oleh tanaman dalam satu masa tanam. Nilai RHEKAI dapat ditulis sebagai berikut.

$$RHEKAI = \frac{HE}{KAI} \times 100\% \quad (4.16)$$

dengan,

RHEKAI = Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (%)

HE = Pemberian Air Irigasi satu masa tanam (mm)

KAI = Kebutuhan Air Irigasi satu masa tanam (mm)

Nilai RHEKAI dapat mencerminkan tingkat kemampuan sumbangan air hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman suatu teknik pemberian air irigasi. Semakin rendah nilai RHEKAI mencerminkan semakin kecil sumbangan air hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman. Sebaliknya semakin besar maka semakin besar sumbangan air hujan yang mampu dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan air irigasi.

4.4.3. Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi.

Pemberian air irigasi yang paling efisien adalah apabila air yang diberikan sesuai dengan air yang dibutuhkan dikurangi dengan air yang tersedia di lahan. Air yang tersedia di lahan dapat berupa lengas tanah awal ataupun hujan efektif. Sebaliknya pemberian air irigasi tidak efisien apabila air yang diberikan lebih besar dari air yang dibutuhkan.

Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi dilakukan dalam rangka untuk menentukan tingkat keborosan suatu teknik pemberian air irigasi, diperoleh dengan membandingkan antara jumlah pemberian air dengan jumlah kebutuhan air oleh tanaman dalam satu masa tanam.

4.4.4. Perbandingan Hujan Efektif dan Pemberian air dengan Kebutuhan Air Irigasi.

Perbandingan antara Hujan Efektif dan Pemberian Air Irigasi dengan Kebutuhan Air Irigasi adalah dengan membandingkan antara masukan kelahan (jumlah pemberian air hujan efektif dan pemberian air irigasi) dengan Kebutuhan Air Irigasi untuk mengetahui tingkat keborosan suatu teknik pemberian air irigasi.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Data

Data yang diperlukan pada penelitian Optimalisasi Pemanfaatan Air Hujan untuk Irigasi adalah data karakteristik tanah, data curah hujan, data klimatologi serta data Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam. Pada umumnya keadaan topografi lokasi penelitian yaitu Daerah Irigasi Tinalun merupakan daerah pegunungan dan dataran tinggi dengan elevasi antara 200 m – 400 m diatas permukaan laut.

5.1.1 Data Topografi.

Data topografi pada umumnya memberikan gambaran keadaan topografi Daerah Irigasi Tinalun merupakan daerah pegunungan dan dataran tinggi dengan ketinggian antara 200 m sampai dengan 400 m di atas permukaan laut. Jaringan Irigasi Tinalun termasuk jaringan garis tinggi, sehingga jaringan irigasinya pada umumnya berfungsi ganda sebagai pembawa dan juga sebagai pembuang.

5.1.2 Data Jaringan Irigasi

Jaringan Irigasi Tinalun secara administrasi berada di Kabupaten Semarang memberi pasokan air irigasi pada lahan sawah seluas 1.025 ha dari Bendung Tinalun yang mengambil air dari Kali Klampok. Jaringan irigasi Tinalun termasuk jaringan irigasi garis tinggi. Bangunan penangkap air berupa Bendung yang dibangun sejak jaman Belanda dan mengalami rehabilitasi terakhir pada tahun 1979 memiliki bentang 23,90 m, dilengkapi pintu pengambilan, pintu pembilas dan saluran kantong lumpur sepanjang 281 m. Peta Daerah Irigasi Tinalun diperlihatkan pada Gambar 5.1, Skema Irigasi Daerah Irigasi Tinalun diperlihatkan pada Gambar 5.2, dan Skema Bangunan Daerah Irigasi Tinalun diperlihatkan pada Gambar 5.3 sebagaimana lampiran 1.

5.1.3 Data Karakteristik Tanah

Data karakteristik tanah diperlukan untuk menentukan beberapa besaran yang berpengaruh sebagai masukan model, yaitu perkolasi, kapasitas lapang dan titik layu

permanen. Data karakteristik tanah diperoleh dari pengambilan sampel tanah dengan kedalaman 60 cm dan pemeriksaan di laboratorium.

a. Penentuan Lokasi Sampel

Penentuan lokasi sampel data karakteristik tanah, berdasar sistem irigasi pada Daerah Irigasi Tinalun dimana luas lahan sawahnya relatif sedang dan memanjang.

Pengambilan sampel data karakteristik tanah dilakukan pada 3 (tiga) titik lokasi, yaitu :

- 1) Sampel 1 mewakili Daerah Irigasi bagian hulu mengambil sampel tanah di Desa Balongsari Kecamatan Pringapus;
- 2) Sampel 2 mewakili Daerah Irigasi bagian tengah mengambil sampel tanah di Desa Klepu Kecamatan Pringapus;
- 3) Sampel 3 mewakili Daerah Irigasi bagian hilir mengambil sampel tanah di Desa Candirejo Kecamatan Pringapus.

Ketiga lokasi tersebut diperlihatkan pada Gambar Peta Daerah Irigasi pada Gambar 5.2, sebagaimana lampiran 1

b. Parameter Pemeriksaan Tanah

Parameter tanah yang dikaji antara lain berat jenis tanah, kadar air tanah asli, batas atterberg, serta analisis gradasi butiran. Tabel 4.1 menyajikan rangkuman data karakteristik tanah. Foto pengambilan sampel tanah dan hasil analisis karakteristik tanah, sebagaimana diperlihatkan pada lampiran 2.

Tabel 5.1 Rangkuman Data Pemeriksaan Tanah

No. Sampe l	Lokasi	Kadar Air (%)	Berat Jenis Tanah (G_s)	Porositas (n) (%)	Simbol / Jenis Tanah
1	Desa Balongsari Kec. Pringapus	100,67	2,5572	69,41	Silty Loam
2	Desa Klepu Kec. Pringapus	76,09	1,6006	41,28	Silty Loam
3	Desa Candirejo Kec. Pringapus	46,49	2,5644	29,87	Silty Loam

Sumber : Hasil pemeriksaan sampel tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Berdasar Tabel 5.1 dapat disimpulkan bahwa jenis tanah dari ketiga lokasi merupakan tanah silty loam, namun lokasi di hulu lebih memiliki porositas dan kadar air jenuh.

5.1.4 Data Curah Hujan

Data curah hujan harian dikumpulkan dari stasiun curah hujan Klepu Kecamatan Pringapus Kabupaten Semarang. Panjang data yang tersedia selama 5 tahun mulai tahun 1996 sampai dengan tahun 2000. Data curah hujan ini diperlukan untuk menganalisa pengaruh air atmosferik terhadap kebutuhan air untuk tanaman. Data curah hujan dari waktu ke waktu selalu berubah baik jumlah hari hujan maupun kuantitas hujannya, dengan demikian diperlukan perencanaan dan pengaturan Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam yang optimal, sehingga :

- a. Selalu dijaga keseimbangan antara kebutuhan air untuk tanaman dan tersedianya air pada Masa Tanam 1, Masa Tanam 2 dan Masa Tanam 3.
- b. Pada musim kemarau ketersediaan air sangat terbatas dan direncanakan seluruh Daerah Irigasi tetap dapat ditanami dengan jenis tanaman yang kebutuhan airnya sedikit, dengan demikian pemanfaatan air dapat tetap optimum.

Data curah hujan harian sebagaimana diperlihatkan pada Lampiran 3.

5.1.5 Data Klimatologi

Data klimatologi diperlukan untuk menentukan evapotranspirasi potensial. Data klimatologi yang tersedia berupa catatan evaporasi panci harian. dari stasiun klimatologi terdekat yaitu stasiun Ungaran Kabupaten Semarang selama 5 tahun mulai tahun 1996 sampai dengan tahun 2000. Data ini digunakan untuk menentukan evapotranspirasi tanaman padi. Tabel 5.2 menyajikan rerata Evaporasi harian.

Tabel 5.2 Data Penguapan Harian Rerata

Bulan	Penguapan Harian Rata-rata (mm/hari)					
	1996	1997	1998	1999	2000	Rerata
Januari	1,14	1,46	2,35	0,95	0,95	1.37
Pebruari	1,26	1,69	1,43	1,14	1,96	1.50
Maret	1,84	2,12	1,72	1,47	2,40	1.91
April	2,22	1,97	1,97	1,87	2,07	2.02
Mei	2,52	2,47	2,28	2,21	1,69	2.23
Juni	2,59	3,14	1,89	3,02	1,80	2.49
Juli	2,92	3,50	2,03	3,42	3,24	3.02
Agustus	3,06	4,59	4,50	4,35	2,98	3.90
September	3,87	4,66	3,86	4,82	2,78	4.00
Oktober	3,84	6,06	1,58	1,60	2,21	3.06
November	2,06	3,58	1,32	1,10	1,97	2.01
Desember	1,77	1,94	1,42	0,90	2,00	1.61

Sumber Data : Diolah dari data penguapan harian stasiun Klimatologi Ungaran
Badan Meterèologi dan Geofisika Semarang

Berdasar data penguapan tersebut diketahui bahwa pengupatan terbesar terjadi pada bulan Agustus dan bulan September, sedangkan penguapan terkecil terjadi pada bulan Januari dan bulan Pebruari.

5.1.5 Data Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam

Data Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam diperlukan sebagai pedoman penentuan urutan jenis tanam dan jadwal tanam pada lokasi penelitian.

Pola Tanam setiap tahunnya dibagi 3 Masa Tanam, yaitu :

- a. Masa Tanam 1 (Oktober - Januari), permulaan tanam adalah 1 November
- b. Masa Tanam 2 (Pebruari - Mei), permulaan tanam adalah 1 Maret
- c. Masa Tanam 3 (Juni - September), permulaan tanam adalah 1 Juli.

Data Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam diperoleh berdasarkan Surat Keputusan Bupati Kabupaten Semarang Nomor 520.2/0434/2000 tanggal 31 Agustus 2000 tentang Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam Pada Masa Tanam Tahun 2000/2001.

Keputusan Bupati Kabupaten Semarang tersebut diperoleh berdasarkan pola tanam yang telah disusun berupa Rencana Tata Tanam Global (RTTG) tahunan.

Penyusunan Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam tersebut dilakukan berdasar tahapan sebagai berikut :

- a. Besarnya luas tanam dalam penyusunan Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam diperoleh dari permintaan Petani lewat pengurus organisasi Perkumpulan Petani Pengelola Air (P3A).
- b. Setelah luas tanaman tersebut terkumpul dari P3A kemudian dibuat rekapitulasinya per Daerah Irigasi.
- c. Dari rekapitulasi Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam per Daerah Irigasi disusunlah Rencana Tata Tanam Global (RTTG), kemudian disahkan oleh Panitia Irigasi Kabupaten Semarang dan Selanjutnya dibuat Surat Keputusan Bupati Semarang tentang Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam.
- d. Sebagai bahan pertimbangan penyusunan Pola Tanam dan Rencana Tata Tanam adalah data teknis mengenai ketersediaan air, diperoleh dari curah hujan efektif dan ketersediaan air dari sumbernya serta kebutuhan air tiap jenis tanaman.

5.2. Hasil Simulasi

Hasil keluaran model simulasi berupa informasi curah hujan, kebutuhan air, pemberian air irigasi, dan hujan efektif untuk masing-masing teknik pemberian air yang ditampilkan secara kumulatif selama kurun waktu satu Masa Tanam. Pemberian air irigasi dari 4 (empat) teknik pemberian air irigasi per masa tanam di buat sama besarnya, yaitu sebesar 298 mm pada Masa Tanam 1, sebesar 224 mm pada Masa Tanam 2 dan sebesar 668 mm pada Masa Tanam 3. Berikut ini disampaikan hasil simulasi untuk pemberian air irigasi secara kontinyu, pemberian air secara terjadwal, pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dan pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah.

5.2.1 Pemberian air irigasi secara kontinyu

Pemberian air irigasi dilakukan dengan memberikan air irigasi secara kontinyu dengan debit ditentukan sedemikian rupa sehingga hujan yang jatuh di sawah dapat dimanfaatkan secara maksimal irigasi. Pada penelitian ini pemberian air irigasi secara kontinyu dilakukan dengan pemberian air irigasi sebesar 2 mm per hari pada Masa Tanam 1, sebesar 1 mm pada Masa Tanam 2 dan sebesar 7 mm pada Masa Tanam 3, dengan tinggi genangan maksimum (GEMAK) ditentukan sebesar 200 mm.

Flowchart prosedur untuk menghitung status tinggi genangan di sawah pemberian air irigasi secara kontinyu dan hasil simulasi diperlihatkan pada Lampiran 4, dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan data curah hujan dan data penguapan serta menentukan parameter jumlah pemberian air irigasi secara kontinyu, genangan awal, genangan maksimum, dan perkolasi.
- b. Menghitung intersepsi sebagai fungsi besarnya hujan dan pertumbuhan tanaman
- c. Menghitung hujan efektif dasar, yaitu besarnya curah hujan dikurangi dengan intersepsi
- d. Menghitung kebutuhan air untuk tanaman, sebagai fungsi evapotranspirasi dan koefisien tanaman
- e. Menghitung tinggi genangan harian sebagai fungsi tinggi genangan pada hari sebelumnya, hujan efektif dasar, pemberian air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi, dengan logika tinggi genangan tidak melebihi genangan maksimum (melimpas) dan lebih besar dari nol.
- f. Menghitung hujan efektif harian, berdasarkan tinggi genangan pada hari tersebut, tinggi genangan pada hari sebelumnya, pemberian air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi.
- g. Proses hitungan pada butir b,c,d,e dan f dilakukan secara berulang dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 90 (1 Masa Tanam).
- h. Menjumlahkan curah hujan, kebutuhan air oleh tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi), hujan efektif dan pemberian air selama satu Masa Tanam.

Dengan tahapan perhitungan diatas dan asumsi dilakukan simulasi program.

Rangkuman hasil simulasi pemberian air irigasi secara kontinyu dilakukan dengan pemberian air irigasi sebesar 2 mm per hari pada Masa Tanam 1, sebesar 1 mm per hari pada Masa Tanam 2 dan sebesar 7 mm pada Masa Tanam 3, diperlihatkan pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif Per Masa Tanam
Pemberian Air Irigasi Secara Kontinyu**

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Curah Hujan (mm)	Kebutuhan Air irigasi (mm)	Hujan Efektif (mm)	Pemberian Air irigasi (mm)	Imbangan Air
1	2	3	4	5	6	7	8
1995 / 1996	MT 2	1 Maret	815.00	474.88	323.74	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	75.00	574.46	61.73	668.00	Kelebihan
1996 / 1997	MT 1	1 Nov.	854.00	444.81	344,34	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	340.00	474,17	291.72	224.00	Kelebihan
	MT 3)	1 Juli	0.00	661.32	0.00	668.00	Kelebihan
1997 / 1998	MT 1	1 Nov.	445.00	525.10	338.19	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	921.00	456.09	411.02	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	212.00	597.66	93.51	668.00	Kelebihan
1998 / 1999	MT 1	1 Nov.	1352.00	393.30	315.72	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	909.00	441.11	393.35	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	200.00	662.41	187.31	668.00	Kelebihan
1999 / 2000	MT 1	1 Nov.	1029.00	364.91	283.59	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	1463.00	473.69	429.74	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	234.00	562.00	92.11	668.00	Kelebihan

Sumber : Hasil simulasi

*) pada MT 3 1996/1997 tidak terjadi hujan

Keterangan Tabel 5.3 :

- Kolom 1, 2, dan 3 cukup jelas.
- Kolom 4 adalah jumlah curah hujan selama 1 Masa Tanam.
- Kolom 5 adalah jumlah kebutuhan air oleh tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi) selama satu Masa Tanam.

- d. Kolom 6 adalah jumlah hujan efektif selama satu Masa Tanam.
- e. Kolom 7 adalah jumlah pemberian air selama satu Masa Tanam.
- f. Kolom 8 adalah imbangan air antara kebutuhan air (kolom 5) dengan jumlah pemberian air dan hujan efektif (kolom 6 + 7)

5.2.2 Pemberian air irigasi secara terjadwal

Pemberian air irigasi secara terjadwal dilakukan dengan cara memberi air sampai ketinggian tertentu, kemudian dihentikan, dan diberikan lagi setelah sejumlah hari yang ditentukan, pada penelitian ini periode pemberian air irigasi dilakukan dalam periode 15 hari. Jumlah air yang diberikan sampai dengan genangan normal (GENOR) sebesar 150 mm, tinggi genangan maksimum (GEMAK) ditentukan sebesar 200 mm.

Flowchart prosedur untuk menghitung status tinggi genangan di sawah pemberian air irigasi secara terjadwal dan hasil simulasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5, dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan data hujan dan penguapan serta menentukan parameter jadwal pemberian air, genangan awal, genangan normal, genangan maksimum, dan perkolasi.
- b. Menghitung intersepsi sebagai fungsi besarnya hujan dan pertumbuhan tanaman
- c. Menghitung hujan efektif dasar, yaitu besarnya curah hujan dikurangi dengan intersepsi
- d. Menghitung kebutuhan air untuk tanaman, sebagai fungsi evapotranspirasi dan koefisien tanaman
- e. Menghitung tinggi genangan harian sebagai fungsi tinggi genangan pada hari sebelumnya, hujan efektif dasar, pemberian air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi, dengan logika pada setiap periode yang telah dijadwalkan diberikan air setinggi genangan normal, tinggi genangan tidak melebihi genangan maksimum (melimpas) dan lebih besar dari nol.
- f. Menghitung hujan efektif harian, berdasarkan tinggi genangan pada hari tersebut, tinggi genangan pada hari sebelumnya, pemberian air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi.
- g. Proses hitungan pada butir b, c,d,e, dan f dilakukan secara berulang dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 90 (1 Masa Tanam).

h. Menjumlahkan curah hujan, kebutuhan air oleh tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi), hujan efektif dan pemberian air selama satu Masa Tanam.

Dengan tahapan perhitungan diatas dan asumsi dilakukan simulasi program.

Rangkuman hasil simulasi pemberian air irigasi secara terjadwal dengan periode pemberian air 15 hari sebanyak 5 kali, masing-masing jumlah pemberian air irigasi awal sebesar 150 mm dan selanjutnya pemberian air irigasi sebesar 37 mm per periode pada Masa Tanam 1, sebesar 18, 5 mm per periode pada Masa Tanam 2 dan sebesar 129,5 mm per periode pada Masa Tanam 3 diperlihatkan pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif Per Masa Tanam
Pemberian Air Irigasi Secara Terjadwal Periode 15 Harian**

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Curah Hujan (mm)	Kebutuhan Air (mm)	Hujan Efektif (mm)	Pemberian Air (mm)	Imbangan Air
1	2	3	4	5	6	7	8
1995 / 1996	MT 2	1 Maret	815.00	474.88	324.90	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	75.00	574.46	58.82	668.00	Kelebihan
1996 / 1997	MT 1	1 Nov.	854.00	444.81	352.61	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	340.00	474.17	258.30	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	0.00	661.32	0	668.00	Kelebihan
1997 / 1998	MT 1	1 Nov.	445.00	525.10	342.16	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	921.00	456.09	400.84	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	212.00	597.66	163.98	668.00	Kelebihan
1998 / 1999	MT 1	1 Nov.	1352.00	393.30	362.61	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	909.00	441.11	413.96	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	200.00	662.41	160.94	668.00	Kelebihan
1999 / 2000	MT 1	1 Nov.	1029.00	364.91	333.86	298.00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	1463.00	473.69	439.06	224.00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	234.00	562.00	193.35	668.00	Kelebihan

Sumber : Hasil simulasi

*) pada MT 3 1996/1997 tidak terjadi hujan

Keterangan Tabel 5.4 :

- a. Kolom 1, 2, dan 3 cukup jelas.
- b. Kolom 4 adalah jumlah curah hujan selama 1 Masa Tanam.
- c. Kolom 5 adalah jumlah kebutuhan air untuk tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi) selama satu Masa Tanam.
- d. Kolom 6 adalah jumlah hujan efektif selama satu Masa Tanam.
- e. Kolom 7 adalah jumlah pemberian air selama satu Masa Tanam.
- f. Kolom 8 adalah imbalan air antara kebutuhan air (kolom 5) dengan jumlah pemberian air dan hujan efektif (kolom 6 + 7).

Pemberian air dengan periode 15 harian dilakukan sebanyak 5 kali masing-masing jumlah pemberian air sebesar 150 mm dalam satu Masa Tanam.

5.2.3 Pemberian Air Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungan.

Simulasi hujan efektif pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dilakukan dengan cara memberikan air pada saat genangan minimum 50 mm. Pengisian air irigasi dilakukan sampai mencapai GENOR yaitu sebesar 150 mm. Tinggi genangan maksimum (GEMAK) ditentukan sebesar 200 mm.

Flowchart prosedur untuk menghitung status tinggi genangan di sawah pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dan hasil simulasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6, dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan data hujan dan penguapan serta menentukan parameter tinggi genangan minimum, genangan awal, genangan normal, genangan maksimum, dan perkolasi.
- b. Menghitung intersepsi sebagai fungsi besarnya hujan dan pertumbuhan tanaman
- c. Menghitung hujan efektif dasar, yaitu besarnya curah hujan dikurangi dengan intersepsi
- d. Menghitung kebutuhan air untuk tanaman, sebagai fungsi evapotranspirasi dan koefisien tanaman
- e. Menghitung tinggi genangan harian sebagai fungsi tinggi genangan pada hari sebelumnya, hujan efektif dasar, pemberian air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi, dengan logika pada setiap tinggi genangan lebih kecil dari genangan minimum yang ditentukan, maka diberikan air setinggi genangan normal, tinggi genangan tidak melebihi genangan maksimum (melimpas) dan lebih besar dari nol.

- f. Menghitung hujan efektif harian berdasarkan tinggi genangan pada hari tersebut, tinggi genangan pada hari sebelumnya, pemberian air, evapotranspirasi dan perkolasi.
- g. Proses hitungan pada butir b, c,d,e, dan f dilakukan secara berulang dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 90 (1 Masa Tanam).
- h. Menjumlahkan curah hujan, kebutuhan air oleh tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi), hujan efektif dan pemberian air selama satu Masa Tanam.

Dengan tahapan perhitungan diatas dan asumsi dilakukan simulasi program.

Rangkuman hasil simulasi pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan dengan genangan minimum 50 mm diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Rangkuman Hasil Simulasi Hujan Efektif Per Masa Tanam Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungan

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Curah Hujan (mm)	Kebutuhan Air (mm)	Hujan Efektif (mm)	Pemberian Air (mm)	Imbangan Air
1	2	3	4	5	6	7	8
1995 / 1996	MT 2	1 Maret	815.00	474.88	370,86	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	75.00	574.46	61.73	668,00	Kelebihan
1996 / 1997	MT 1	1 Nov.	854.00	444.81	421.53	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	340.00	474.17	292.60	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	0.00	671.32	0.00	668,00	Kelebihan
1997 / 1998	MT 1	1 Nov.	445.00	525.10	354.18	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	921.00	456.09	474,13	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	212.00	597.66	167.70	668,00	Kelebihan
1998 / 1999	MT 1	1 Nov.	1352.00	393.30	402.41	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	909.00	441.11	396,80	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	200.00	662.41	160,94	668,00	Kelebihan
1999 / 2000	MT 1	1 Nov.	1029.00	364.91	402,21	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	1463.00	473.59	439,24	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	234.00	562.10	201,86	668,00	Kelebihan

Sumber : Hasil simulasi

Catatan :

Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan seharusnya dapat dilakukan penambahan air lagi setelah tinggi genangan mencapai 0, namun didalam simulasi ini sebelum mencapai ketinggian 0 dilakukan pemberian air lagi karena pemberian air irigasi harus mencapai sebesar 298 mm pada Masa Tanam 1, sebesar 224 mm pada Masa Tanam 2 dan sebesar 668 mm pada Masa Tanam 3.

Keterangan Tabel 5.5 :

- a. Kolom 1, 2, dan 3 cukup jelas.
- b. Kolom 4 adalah jumlah curah hujan selama 1 Masa Tanam.
- c. Kolom 5 adalah jumlah kebutuhan air irigasi untuk tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi) selama satu Masa Tanam.
- d. Kolom 6 adalah jumlah hujan efektif selama satu Masa Tanam.
- e. Kolom 7 adalah jumlah pemberian air irigasi selama satu Masa Tanam.
- f. Kolom 8 adalah imbalan air antara kebutuhan air irigasi (kolom 5) dengan jumlah pemberian air irigasi dan hujan efektif (kolom 6 + 7).

Berdasarkan rangkuman hasil simulasi tersebut diatas diperlukan pemberian air irigasi yang besar pada Masa Tanam 3, dengan permulaan pemberian air irigasi pada bulan Juli, karena kapasitas hujan kecil.

5.2.4 Pemberian Air irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah.

Simulasi hujan efektif pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah dilakukan dengan memberikan air irigasi apabila lengas tanah pada kondisi 50 % kapasitas lapang, yang nilainya ditentukan berdasarkan hasil analisis karakteristik tanah. Batas-batas lengas tanah untuk berbagai kedalaman zona perakaran padi, sebagaimana Tabel 4.6.

Tabel 5.6 Batas-batas Lengas Tanah

Kedalaman Perakaran (m)	Kapasitas Jenuh (cm per m)	Kapasitas Lapang (cm per m)	Titik Layu Permanen (cm per m)
0.60	36.00	24.12	12.00
0.70	42.00	28.14	14.00
0.80	48.00	32.16	16.00
0.90	54.00	36.18	18.00
1.00	60.00	40.20	20.00

Sumber : Hasil Analisis Karakteristik Tanah

Simulasi dilakukan dengan asumsi kedalaman tanaman padi varietas unggul adalah 60 cm. Berdasarkan curah hujan yang turun selama satu masa tanam, simulasi hujan efektif dengan menggunakan teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah hanya dilakukan pada Masa Tanam 3.

Flowchart prosedur untuk menghitung status tinggi genangan di sawah pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah dan hasil simulasi selengkapnya diperlihatkan pada Lampiran 7, dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan data hujan dan penguapan serta menentukan parameter lengas tanah minimum, genangan awal, genangan normal, genangan maksimum, dan perkolasi.
- b. Menghitung intersepsi sebagai fungsi besarnya hujan dan pertumbuhan tanaman
- c. Menghitung hujan efektif dasar, yaitu besarnya curah hujan dikurangi dengan intersepsi
- d. Menghitung kebutuhan air untuk tanaman, sebagai fungsi evapotranspirasi dan koefisien tanaman
- e. Menghitung tinggi genangan harian sebagai fungsi tinggi genangan pada hari sebelumnya, hujan efektif dasar, evapotranspirasi dan perkolasi, dengan logika tinggi genangan tidak melebihi genangan maksimum (melimpas) dan apabila tinggi genangan lebih kecil dari 0, maka dilakukan hitungan imbalan lengas tanah,
- f. Menghitung imbalan lengas tanah berdasarkan lengas tanah pada hari sebelumnya, hujan efektif dasar, evapotranspirasi nyata dan perkolasi, dengan logika apabila

lengas tanah pada hari ke n lebih kecil dari lengas tanah yang ditentukan, maka diberikan air irigasi setinggi genangan normal,

- g. Menghitung hujan efektif harian berdasarkan tinggi genangan pada hari tersebut, tinggi genangan pada hari sebelumnya, pemberian air, evapotranspirasi dan perkolasi.
- h. Proses hitungan pada butir b, c,d,e, f, dan g dilakukan secara berulang dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 90 (1 Masa Tanam).
- i. Menjumlahkan curah hujan, kebutuhan air oleh tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi), hujan efektif dan pemberian air selama satu Masa Tanam.

Dengan tahapan perhitungan diatas dan asumsi dilakukan simulasi program.

Rangkuman hasil simulasi pemberian air secara terkontrol berdasarkan lengas tanah pada saat 50 % kapasitas lapang, diperlihatkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Simulasi Hujan Efektif Per Masa Tanam Pemberian Air Irigasi Secara Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Curah Hujan(mm)	Kebutuhan Air (mm)	Hujan Efektif (mm)	Pemberian Air (mm)	Imbangan Air
1	2	3	4	5	6	7	8
1995 / 1996	MT 2	1 Maret	815.00	474.88	364,62	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	75.00	574.46	61,73	668,00	Kelebihan
1996 / 1997	MT 1	1 Nov.	854.00	444.81	478.67	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	340.00	474.17	265,29	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	0.00	671.32	0	668,00	Kelebihan
1997 / 1998	MT 1	1 Nov.	445.00	525.10	354,18	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	921.00	456.09	423,21	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	212.00	597.66	168,21	668,00	Kelebihan
1998 / 1999	MT 1	1 Nov.	1352.00	393.30	354,24	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	909.00	441.11	344,00	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	200.00	662.41	148,14	668,00	Kelebihan
1999 / 2000	MT 1	1 Nov.	1029.00	364.91	333,63	298,00	Kelebihan
	MT 2	1 Maret	1463.00	473.69	376,27	224,00	Kelebihan
	MT 3	1 Juli	234.00	562.00	171,20	668,00	Kelebihan

Sumber : Hasil simulasi

Keterangan Tabel 4.5 :

- a) Kolom 1, 2, dan 3 cukup jelas.
- b) Kolom 4 adalah jumlah curah hujan selama 1 masa tanam.
- c) Kolom 5 adalah jumlah kebutuhan air untuk tanaman (evapotranspirasi dan perkolasi) selama satu masa tanam.
- d) Kolom 6 adalah jumlah hujan efektif selama satu masa tanam.
- e) Kolom 7 adalah jumlah pemberian air selama satu masa tanam.
- f) Kolom 8 adalah imbalan air antara kebutuhan air (kolom 5) dengan jumlah pemberian air dan hujan efektif (kolom 6 + 7).

Berdasar rangkuman hasil simulasi tersebut diatas diperlukan pemberian air besar pada masa tanam 3, sedangkan pada Masa Tanam 1 dan masa tanam 2 pemberian air sebesar 150 mm.

5.3. Pembahasan

Dalam rangka pembahasan hasil simulasi hujan efektif serta untuk mencari curah hujan optimal yang dapat dimanfaatkan, dalam penelitian ini dikaji lebih lanjut Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif (EPHE) dan Rasio Hujan Efektif dengan Kebutuhan Air (RHEKA).

Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif adalah perbandingan antara hujan efektif dengan curah hujan yang turun dalam satu masa tanam, atau dapat ditulis sebagai berikut.

$$EPHE = \frac{HE}{HJ} \times 100\% \quad (5.1)$$

dengan,

EPHE = Efisiensi Pemanfaatan Hujan efektif

HE = Hujan Efektif satu Masa Tanam (mm)

HJ = Curah Hujan satu Masa Tanam (mm)

Besaran EPHE dimaksudkan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan hujan efektif relatif dibanding dengan curah hujan yang turun, mempunyai kisaran nilai antara 0 sampai dengan 100 %. Semakin rendah nilai EPHE mencerminkan semakin kecil pemanfaatan curah hujan untuk keperluan tanaman. Sebaliknya semakin besar (mendekati 100 %), maka semakin besar curah hujan yang mampu dimanfaatkan.

Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (RHEKAI) adalah perbandingan antara jumlah hujan efektif dengan jumlah kebutuhan air oleh tanaman dalam satu Masa Tanam. Nilai RHEKAI dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{RHEKAI} = \frac{\text{HE}}{\text{KAI}} \times 100\% \quad (5.2)$$

dengan,

RHEKAI = Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (%)

HE = Pemberian Air Irigasi satu Masa Tanam (mm)

KAI = Kebutuhan Air Irigasi satu Masa Tanam (mm)

Nilai RHEKAI dapat mencerminkan tingkat kemampuan sumbangan air hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman suatu teknik pemberian air. Semakin rendah nilai RHEKAI mencerminkan semakin kecil sumbangan curah hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman. Sebaliknya semakin besar maka semakin besar sumbangan curah hujan yang mampu dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan air.

5.3.1 Perbandingan Nilai Hujan Efektif

Dari hasil keluaran model simulasi diketahui bahwa teknik pemberian air irigasi secara kontinyu mempunyai nilai hujan efektif rata-rata yang dihitung dari Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 254,72 mm, teknik pemberian air irigasi secara terjadwal mempunyai nilai hujan efektif rata-rata yang dihitung dari Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 271,81 mm, teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai nilai hujan efektif rata-rata yang dihitung dari Masa

Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 296,16 mm, sedangkan teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah mempunyai nilai hujan efektif rata-rata yang dihitung dari Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 274,53 mm. Gambar 5.4 memperlihatkan besar hujan efektif masing-masing teknik pemberian air irigasi pada Masa Tanam 1, Masa Tanam 2 dan Masa Tanam 3.

Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk memanfaatkan curah hujan. Hal ini terjadi karena pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan menggunakan pertimbangan proses penampungan pada petak sawah. Apabila hujan turun pada saat genangan di sawah rendah, maka hujan tersebut sebagian besar akan ditampung dalam petak sawah untuk digunakan pada waktu-waktu berikutnya.

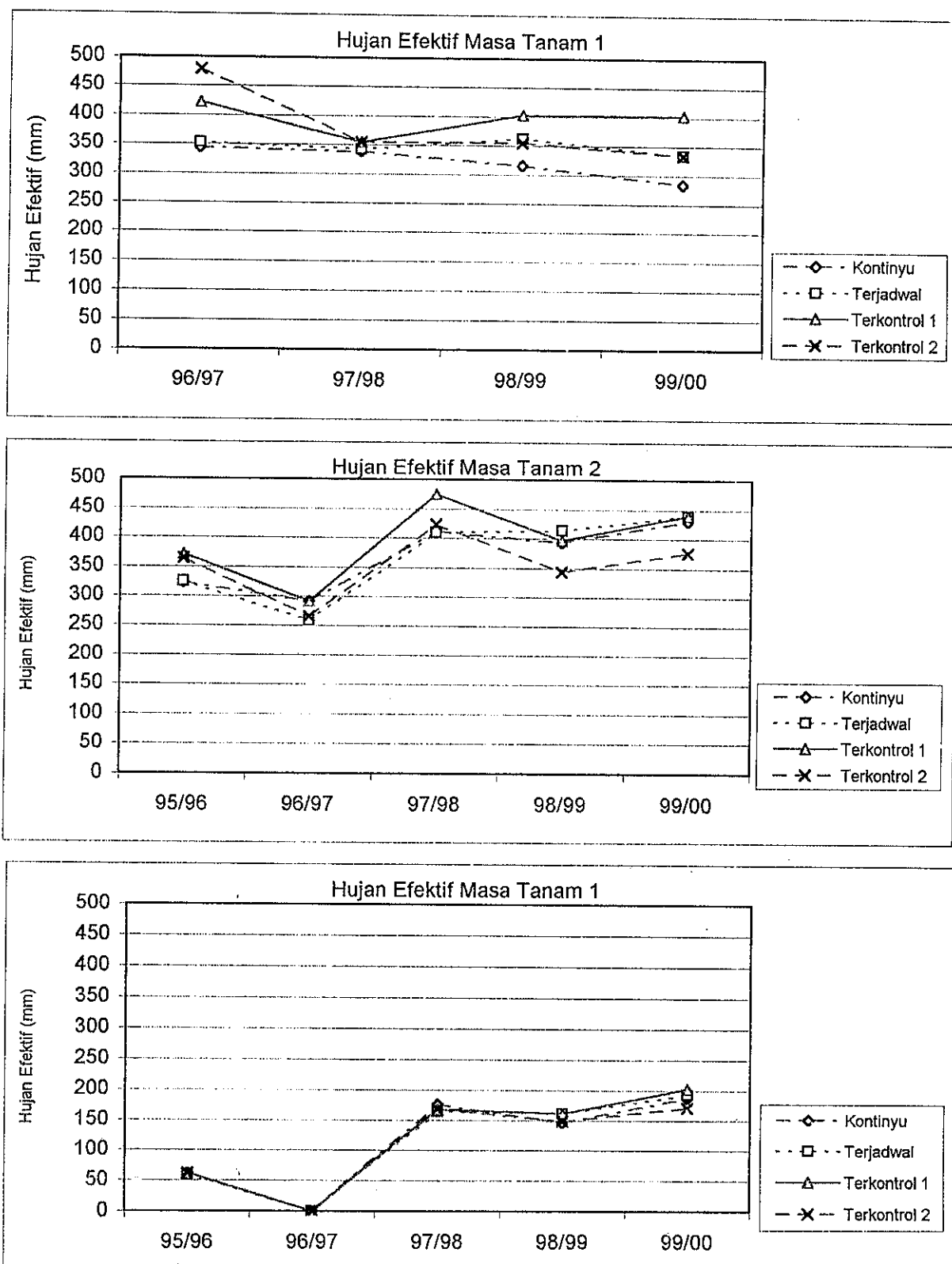
sebaliknya jika hujan jatuh pada saat tinggi genangan mendekati genangan maksimum (tinggi pematang) maka sebagian besar hujan yang jatuh akan terbuang dan kurang dimanfaatkan.

Faktor lain yang mempengaruhi besarnya hujan yang dapat dimanfaatkan adalah distribusi hujan harian. Apabila hujan yang jatuh hanya terdistribusi pada suatu periode saja, misal hujan cukup tinggi terjadi berturut-turut pada saat awal tanam saja, maka besar hujan yang mampu dimanfaatkan cukup kecil.

Sebaliknya jika hujan yang turun dapat terdistribusi cukup merata pada suatu periode tanam, maka kemampuan untuk memanfaatkan hujan cukup besar.

Khusus pada Masa Tanam 3, dimana curah hujan sangat kecil atau bahkan tidak ada hujan, maka keempat teknik pemberian air irigasi tersebut dapat diterapkan dengan baik. Namun dengan pertimbangan kemudahan operasi teknik pemberian air secara kontinu dan terjadwal menjadi pilihan pada saat periode tidak ada hujan dan sumber air dapat diharapkan, baik dari air permukaan maupun air tanah.

Dengan demikian nilai hujan efektif paling optimal dilakukan dengan teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.



Gambar 5.4 Perbandingan Nilai Hujan Efektif

Pada Masa Tanam 3 Tahun 1996/1997 tidak terdapat curah hujan, dengan demikian perbandingan nilai hujan efektif 0 (nol) dan pemberian airnya sebesar 668 mm per masa tanam, sehingga pada Gambar 5.4 dihilangkan.

5.3.3 Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif

Simulasi yang dilakukan terutama menghasilkan besaran hujan efektif dari beberapa teknik pemberian air irigasi. Namun besar hujan efektif yang dihasilkan belum mencerminkan tingkat pemanfaatan hujan yang maksimal. Untuk mengetahui tingkat pemanfaatan hujan efektif dibandingkan dengan jumlah curah hujan, seperti telah dibahas di depan, dikenalkan istilah efisiensi pemanfaatan hujan efektif (EPHE), yaitu perbandingan antara hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman dengan curah hujan dalam satu Masa Tanam. Nilai EPHE untuk masing-masing teknik pemberian air irigasi diperlihatkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif (%)			
			Kontinyu	Terjadwal	Terkontrol 1 *)	Terkontrol 2**)
1995 / 1996	MT 2	1 Maret	39.72	39.87	44.50	44.74
	MT 3	1 Juli	82.31	78.43	82.31	82.31
1996 / 1997	MT 1	1 Nov.	40.32	41.29	49.36	56.05
	MT 2	1 Maret	85.80	75.97	86.06	78.03
	MT 3	1 Juli	0	0	0	0
1997 / 1998	MT 1	1 Nov.	76.00	76.89	79.59	79.59
	MT 2	1 Maret	44.63	43.38	51.48	45.95
	MT 3	1 Juli	44.11	77.35	79.10	79.34
1998 / 1999	MT 1	1 Nov.	23.35	26.82	29.76	26.20
	MT 2	1 Maret	43.27	45.54	43.65	37.84
	MT 3	1 Juli	99.66	80.47	80.47	74.07
1999 / 2000	MT 1	1 Nov.	28.96	32.45	39.09	32.42
	MT 2	1 Maret	29.37	30.01	30.02	25.72
	MT 3	1 Juli	39.36	82.63	86.26	73.16

Sumber : Hasil simulasi

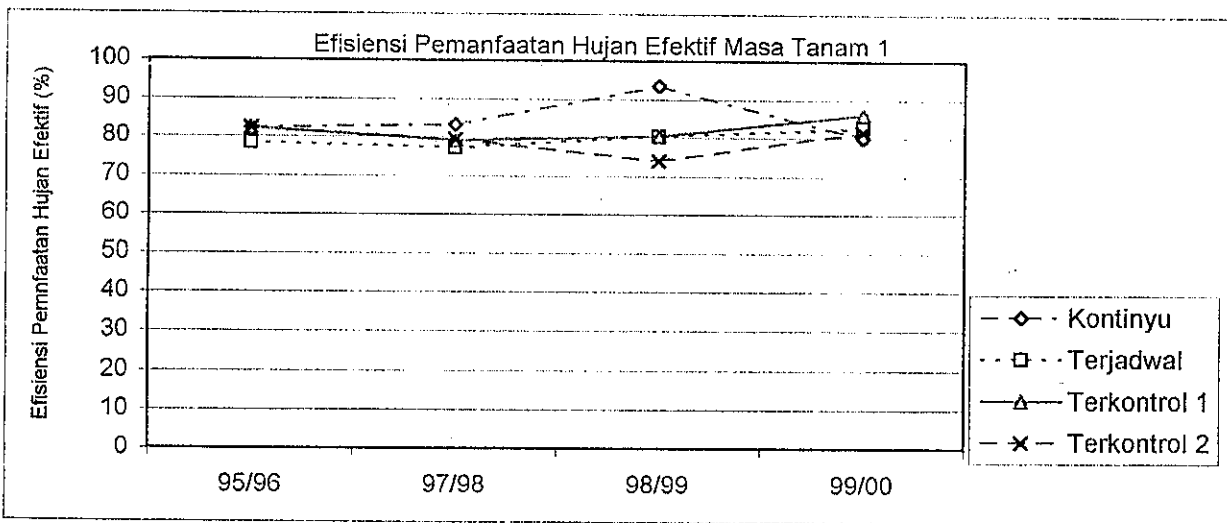
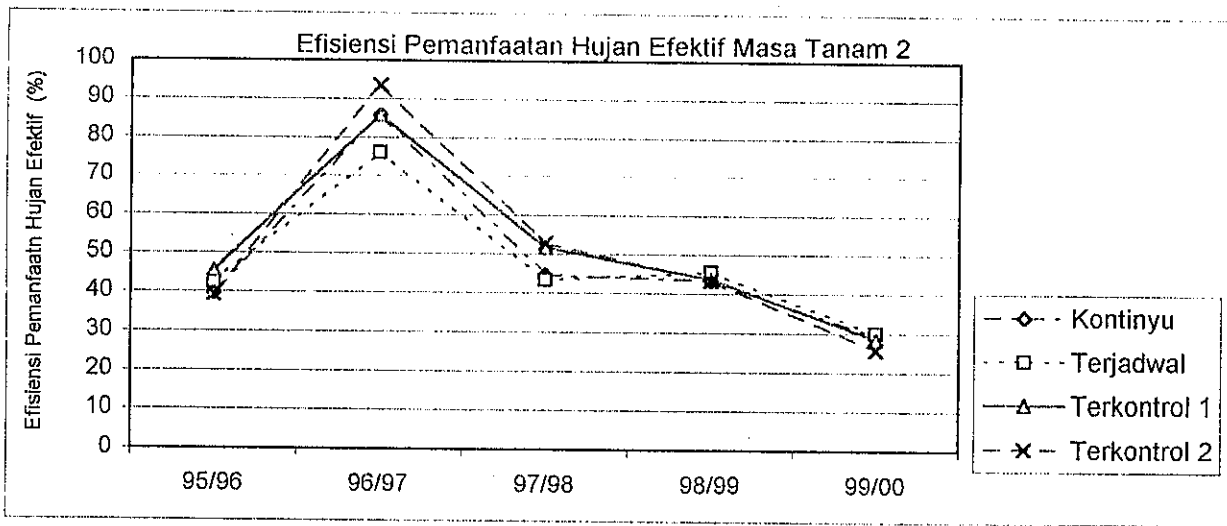
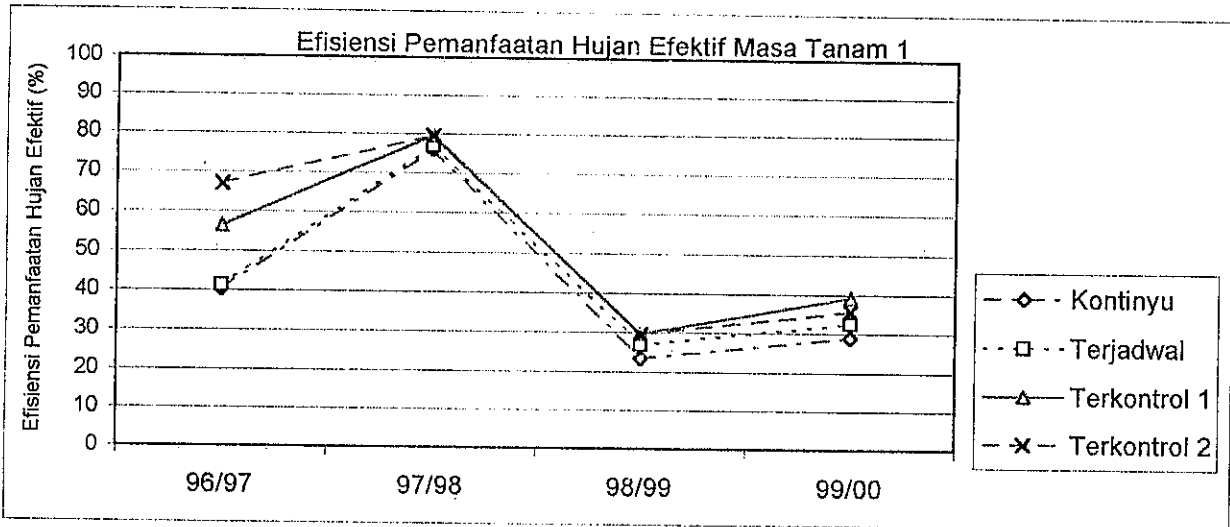
Keterangan : Terkontrol 1 = Terkontrol berdasarkan perubahan tampungan

Terkontrol 2 = Terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah

Dengan memperhatikan besaran efisiensi pemanfaatan hujan efektif sebagaimana tersebut di atas, terlihat bahwa teknik pemberian air secara kontinyu mempunyai EPHE antara 23,35 % sampai dengan 99,66 % yaitu nilai EPHE sebesar 23,35 % terjadi pada MT.1 1998/1999 dan nilai EPHE sebesar 99,66 % terjadi pada MT. 3 1998/1999; teknik pemberian air secara terjadwal mempunyai EPHE antara 26,82 % sampai dengan 82,63 % yaitu nilai EPHE sebesar 26,82 % terjadi pada MT.1 1998/1999 dan nilai EPHE sebesar 82,63 % terjadi pada MT. 3 1999/2000; teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai nilai EPHE antara 29,76 % sampai dengan 86,26 % yaitu nilai EPHE sebesar 29,76 % terjadi pada MT.1 1998/1999 dan nilai EPHE sebesar 86,26 % terjadi pada MT. 3 1999/2000; sedangkan teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah mempunyai nilai EPHE antara 26,20 % sampai dengan 82,31 % yaitu nilai sebesar 26,20 % terjadi pada MT.2 1998/1999 dan nilai EPHE sebesar 82,31 % terjadi pada MT. 2 1995/1996.

Efisiensi pemanfaatan air hujan maksimum untuk teknik pemberian air secara kontinyu terjadi pada Masa Tanam 3 Tahun 1998/1999, teknik pemberian air secara terjadwal terjadi pada Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000, teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan terjadi Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000, dan teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah terjadi pada Masa Tanam 3 Tahun 1995/1996. Dari kenyataan tersebut terlihat bahwa teknik pemberian air secara kontinyu mempunyai nilai efisiensi pemanfaatan hujan efektif rata-rata sebesar 48,85 %, teknik pemberian air secara terjadwal mempunyai nilai efisiensi pemanfaatan hujan efektif rata-rata sebesar 52,22 %, teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai nilai efisiensi pemanfaatan hujan efektif rata-rata sebesar 55,83 %, sedangkan teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah mempunyai nilai efisiensi pemanfaatan hujan efektif rata-rata sebesar 52,53 %. Dengan demikian nilai hujan efektif paling optimal dilakukan dengan teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.

Gambar 5.5 memperlihatkan Pemanfaatan Hujan Efektif pada Masa Tanam 1, Masa Tanam 2 dan Masa Tanam 3.



Gambar 5.5 Efisiensi Pemanfaatan Hujan Efektif.

5.3.4 Perbandingan Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi

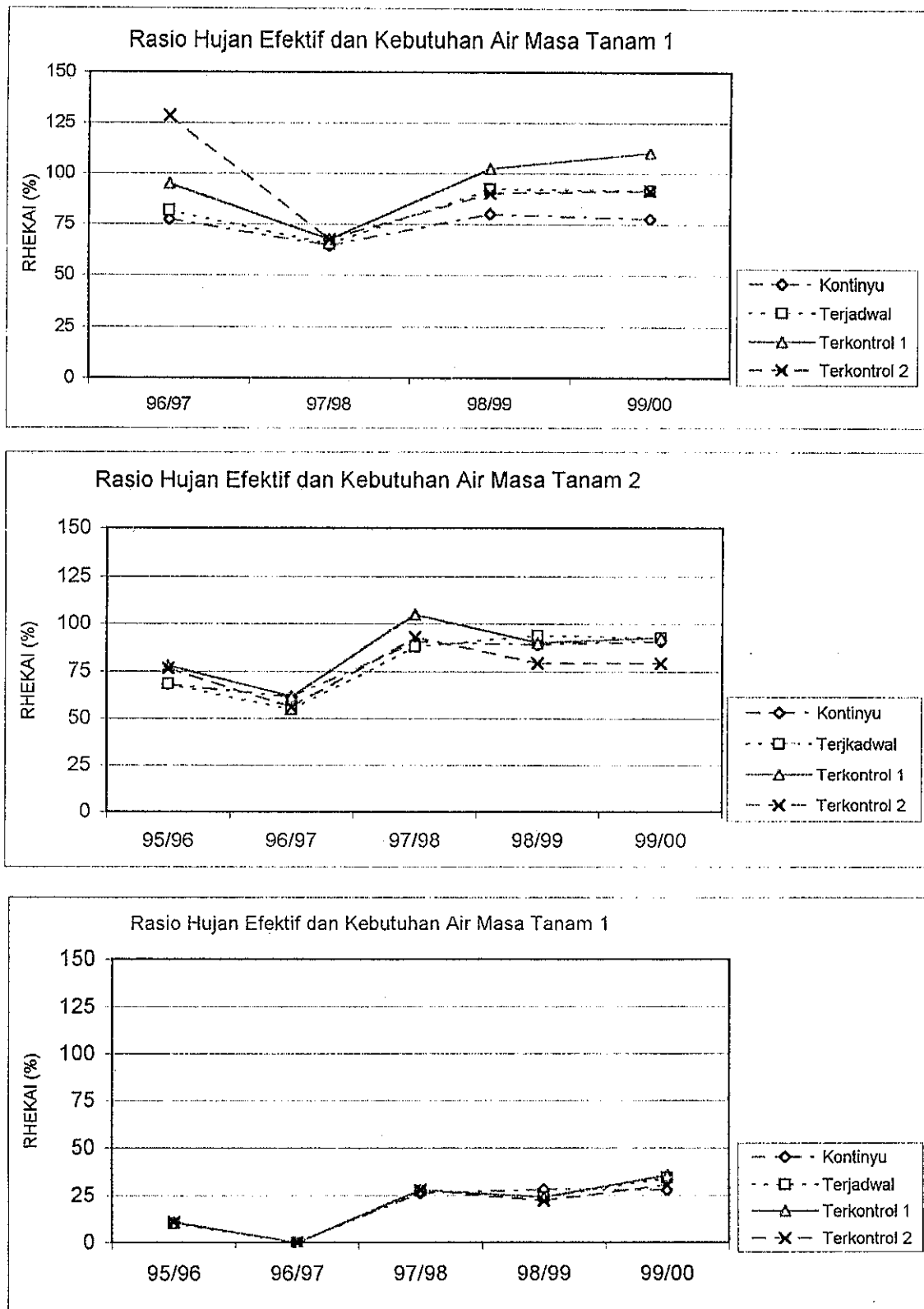
Tingkat keandalan sumbangan air hujan terhadap kebutuhan air oleh tanaman suatu teknik pemberian air dapat diindikasikan dengan suatu besaran perbandingan antara hujan efektif dengan kebutuhan air untuk tanaman, dalam penelitian ini dinamakan Rasio Hujan Efektif dengan Kebutuhan Air Irigasi (RHEKAI). Dari hasil analisis dapat dihitung besaran RHEKAI diperlihatkan dalam Tabel 5.9 dan Gambar 5.5.

Tabel 5.9 Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi (%)			
			Kontinyu	Terjadwal	Terkontrol 1 *)	Terkontrol 2**)
1995/1996	MT 2	1 Maret	68.17	68.42	78.10	76.78
	MT 3	1 Juli	10.75	10.24	10.75	10.75
1996/1997	MT 1	1 Nov.	77.41	81.73	94.77	139.73
	MT 2	1 Maret	61.52	54.47	61.70	55.95
	MT 3	1 Juli	0.00	0.00	0.00	0.00
1997/1998	MT 1	1 Nov.	64.40	65.16	67.45	67.45
	MT 2	1 Maret	90.12	87.88	105.15	92.79
	MT 3	1 Juli	15.65	27.43	28.06	28.14
1998/1999	MT 1	1 Nov.	80.23	92.19	102.32	90.07
	MT 2	1 Maret	89.17	93.85	89.95	79.43
	MT 3	1 Juli	28.28	24.30	24.30	22.36
1999/2000	MT 1	1 Nov.	77.72	91.49	110.22	91.43
	MT 2	1 Maret	90.72	92.69	92.75	79.43
	MT 3	1 Juli	16.39	34.40	35.91	30.46

Sumber : Hasil simulasi

Keterangan : Terkontrol 1 = Terkontrol berdasarkan perubahan tampungan
 Terkontrol 2 = Terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah



Gambar 5.6 Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air

Berdasarkan hasil analisis seperti tersebut di atas, terlihat bahwa bahwa teknik pemberian air irigasi secara kontinyu memiliki nilai rata-rata yang dihitung mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 131,70 %, teknik pemberian air irigasi secara terjadwal memiliki nilai rata-rata yang dihitung mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 135,24 % teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan memiliki nilai rata-rata yang dihitung mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 140,84 %, sedangkan teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah memiliki nilai rata-rata yang dihitung mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 135,91 %.

5.3.5 Perbandingan Pemberian dan Kebutuhan Air irigasi.

Konsep irigasi adalah sebagai suplesi (tambahan) kepada lengas tanah sehingga tercapai lengas tanah yang sesuai atau dibutuhkan oleh tanaman. Irigasi bukan dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan tanaman seluruhnya akan tetapi hanya memenuhi kekurangan air untuk kebutuhannya. Dengan demikian pemberian air irigasi yang paling efisien adalah apabila air yang diberikan adalah sesuai dengan air yang dibutuhkan dikurangi dengan air yang tersedia di lahan. Air yang tersedia di lahan dapat berupa lengas tanah awal ataupun hujan efektif. Sebaliknya pemberian air irigasi tidak efisien apabila air yang diberikan lebih besar dari air yang dibutuhkan.

Dalam rangka menentukan tingkat keborosan suatu teknik pemberian air irigasi, di atas telah dikenalkan istilah Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi (RPKAI) berupa perbandingan antara jumlah pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air oleh tanaman dalam satu masa tanam. Berdasarkan hasil simulasi dapat dihitung Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi untuk masing-masing teknik pemberian air irigasi diperlihatkan pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi

Tahun	Masa Tanam	Mulai Tanam	Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi (%)			
			Kontinyu	Terjadwal	Terkontrol 1 *)	Terkontrol 2**)
1995 – 1996	MT 2	1 Maret	47.17	47.17	47.17	47.17
	MT 3	1 Juli	116.28	116.28	116.28	116.28
1996 – 1997	MT 1	1 Nov.	66.99	66.99	66.99	66.99
	MT 2	1 Maret	47.24	47.24	47.24	47.24
	MT 3	1 Juli	101.01	101.01	101.01	101.01
1997 – 1998	MT 1	1 Nov.	56.75	56.75	56.75	56.75
	MT 2	1 Maret	49.11	49.11	49.11	49.11
	MT 3	1 Juli	111.77	111.77	111.77	111.77
1998 – 1999	MT 1	1 Nov.	75.77	75.77	75.77	75.77
	MT 2	1 Maret	50.78	50.78	50.78	50.78
	MT 3	1 Juli	100.84	100.84	100.84	100.84
1999 – 2000	MT 1	1 Nov.	81.66	81.66	81.66	81.66
	MT 2	1 Maret	47.29	47.29	47.29	47.29
	MT 3	1 Juli	118.66	118.66	118.66	118.66

Sumber : Hasil simulasi

Keterangan : Terkontrol 1 = Terkontrol berdasarkan perubahan tampungan

Terkontrol 2 = Terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah

Memperhatikan hasil tersebut dilihat bahwa Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi (RPKAI) mempunyai nilai sama pada masing-masing masa tanam, yaitu nilai Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air pada Masa Tanam 2 Tahun 1996 sebesar 47,17 %, pada Masa Tanam 3 Tahun 1996 sebesar 116, 28 %, pada Masa Tanam 1 Tahun 1996/1997 sebesar 66,99 %, pada Masa Tanam 2 Tahun 1997 sebesar 47,24 %, pada Masa Tanam 3 Tahun 1997 sebesar 101,01 %, pada Masa Tanam 1 Tahun 1997/1998 sebesar 56,75 %, pada Masa Tanam 2 Tahun 1998 sebesar 49,11 %, pada Masa Tanam 3 Tahun 1998 sebesar 111,77 %, pada Masa Tanam 1 Tahun 1998/1999 sebesar 75,77 %, pada Masa Tanam 2 Tahun 1999 sebesar 50,78 %, pada Masa Tanam 3 Tahun 1999 sebesar 100,84 %, sedangkan pada Masa Tanam 1 Tahun 1999/2000 sebesar 81,66 %, pada Masa Tanam 2 Tahun 2000 sebesar 47,29 % dan Masa Tanam 3 Tahun 2000 sebesar 118,66 %.

5.3.6 Pemanfaatan Air Hujan Yang Optimum.

Dalam menentukan pemanfaatan air hujan untuk irigasi paling optimum pada penelitian ini dilakukan teknik pemberian air irigasi yang mampu memanfaatkan hujan terbesar ditentukan berdasarkan pemberian air irigasi, nilai hujan efektif, efisiensi pemanfaatan hujan efektif, rasio hujan efektif dan kebutuhan air irigasi, rasio pemberian dan kebutuhan air irigasi, serta perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air irigasi. Pemberian air irigasi akan dikatakan optimum apabila jumlah antara hujan efektif dan pemberian air mendekati dengan kebutuhan air irigasi, sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$PAI = KAI - HE \quad (5.3)$$

dengan,

PAI = pemberian air irigasi (mm)

KAI = kebutuhan air oleh tanaman (mm)

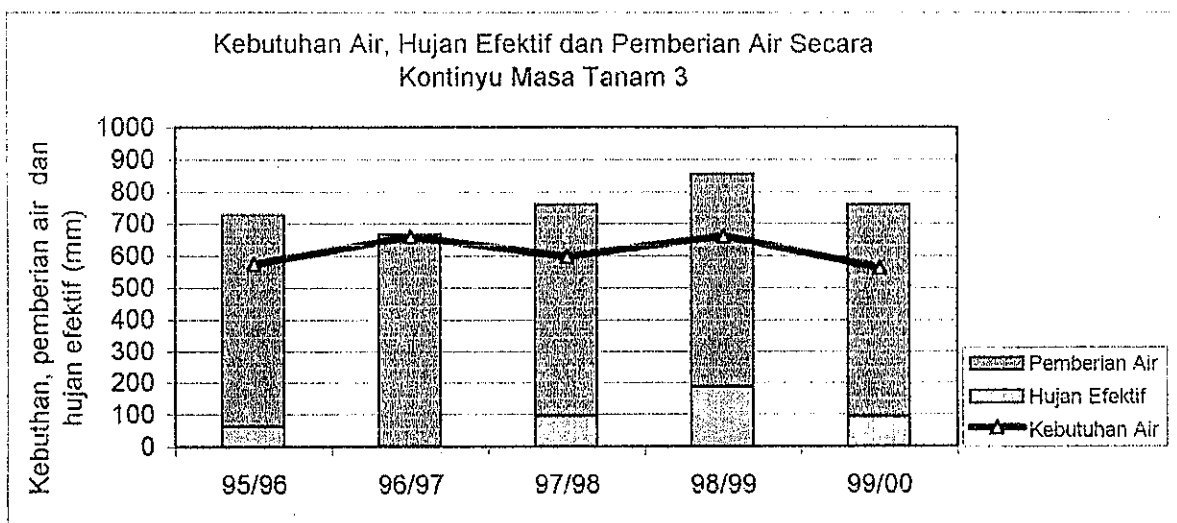
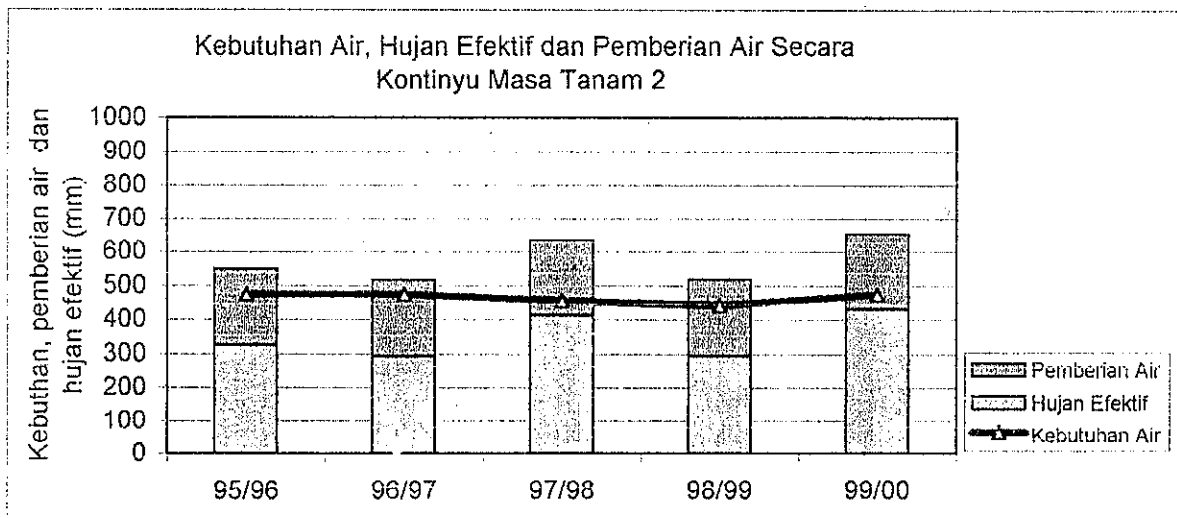
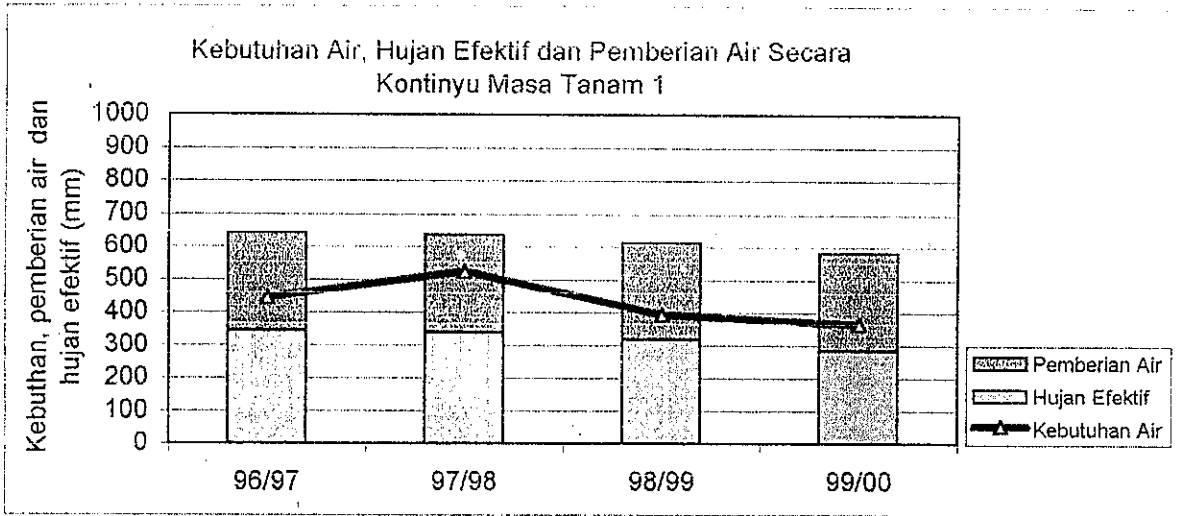
HE = hujan efektif (mm)

Hasil simulasi hujan efektif, pemberian air irigasi dan kebutuhan air irigasi masing-masing teknik pemberian air irigasi pada Masa Tanam 1, Masa Tanam 2 dan Masa Tanam 3 diperlihatkan pada Tabel 5.11 serta Gambar 5.7 sampai dengan Gambar 5.10

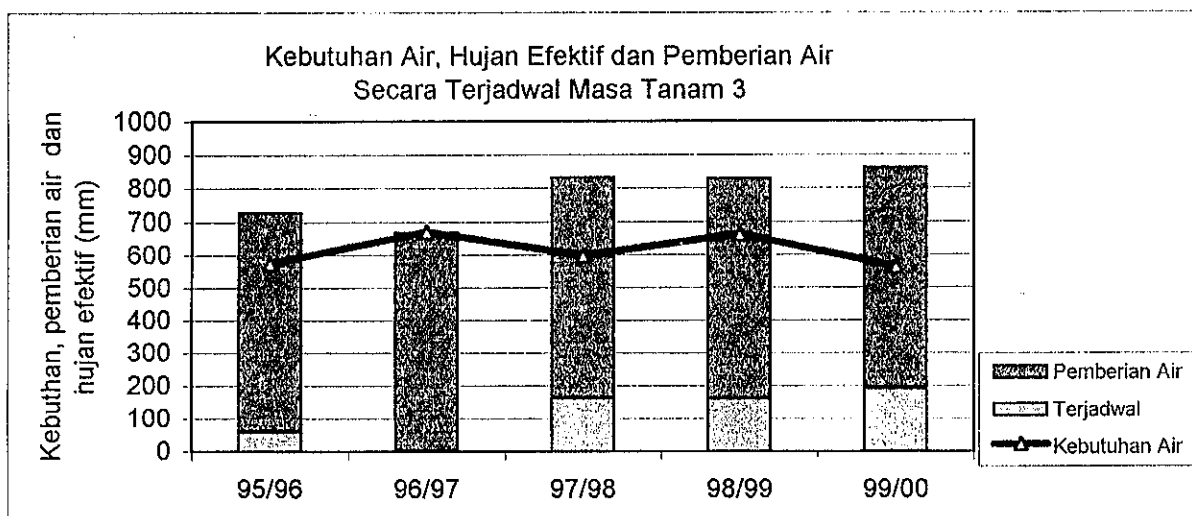
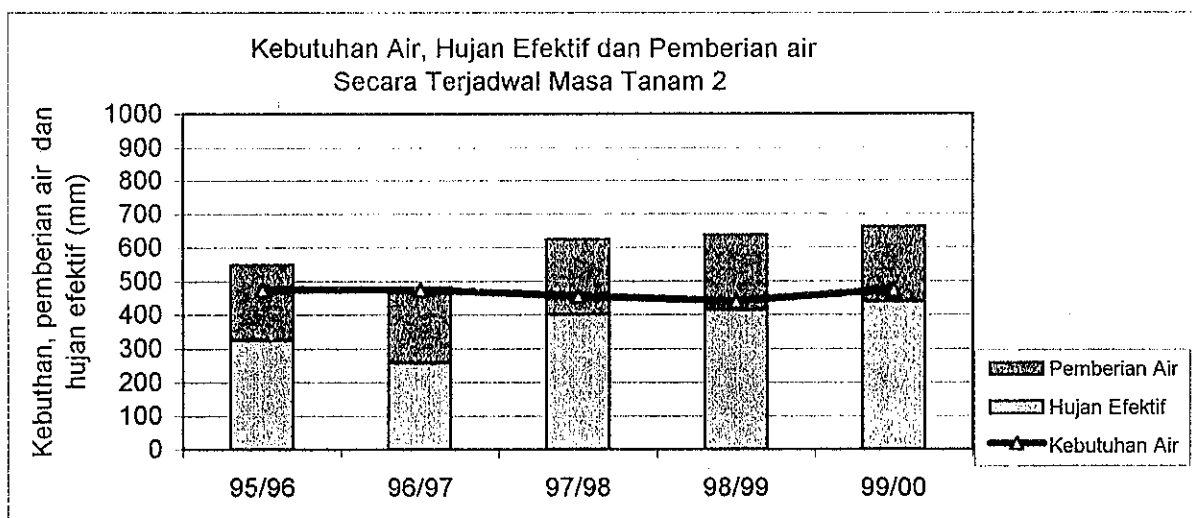
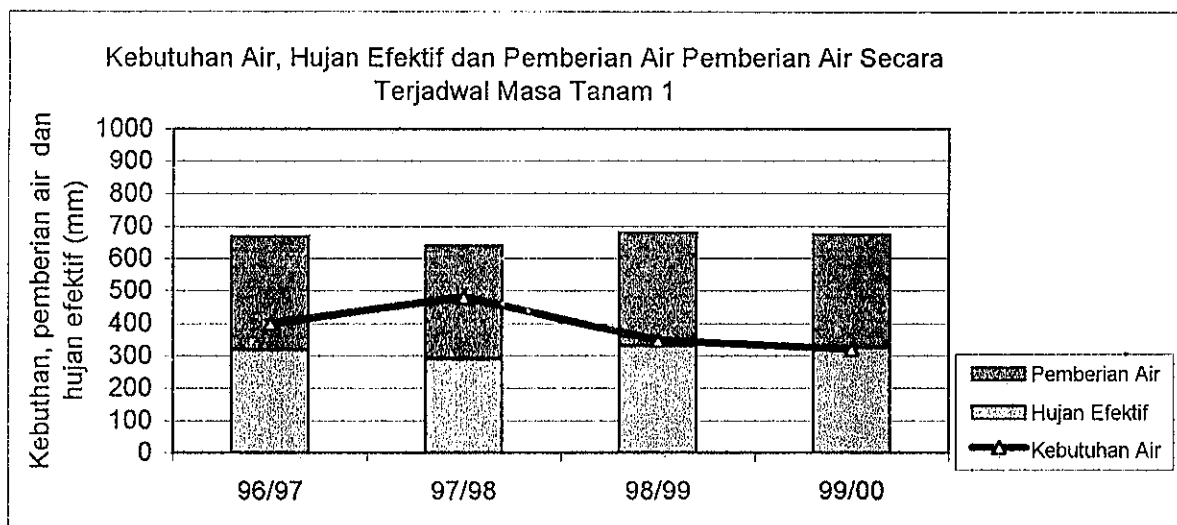
Dari hasil simulasi tersebut diatas diperoleh bahwa pemanfaatan air hujan optimum adalah teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.

Tabel 5.11 Hasil Simulasi Hujan Efektif , Pemberian Air dan Kebutuhan Air Irigasi

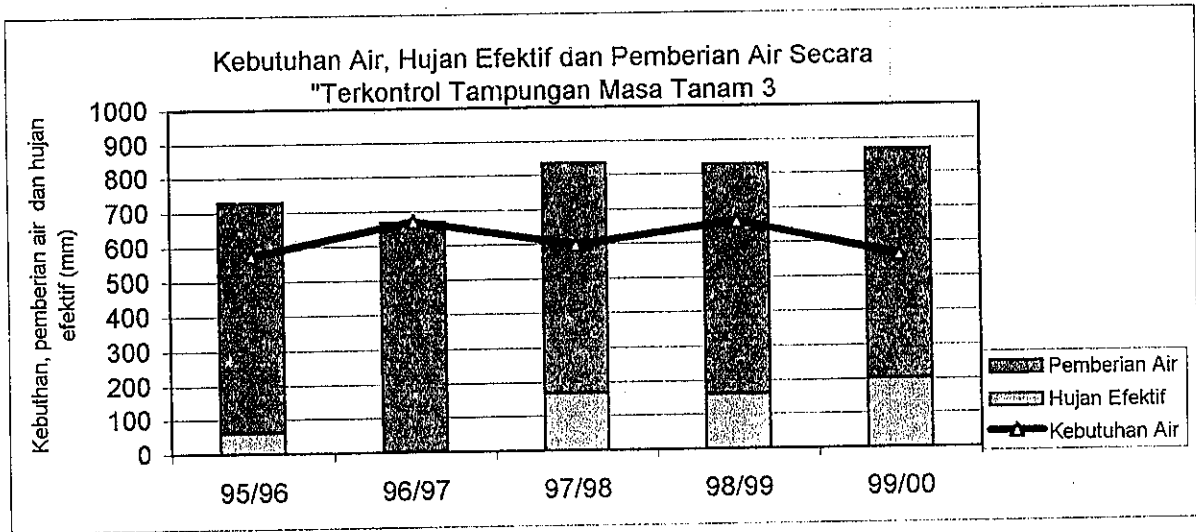
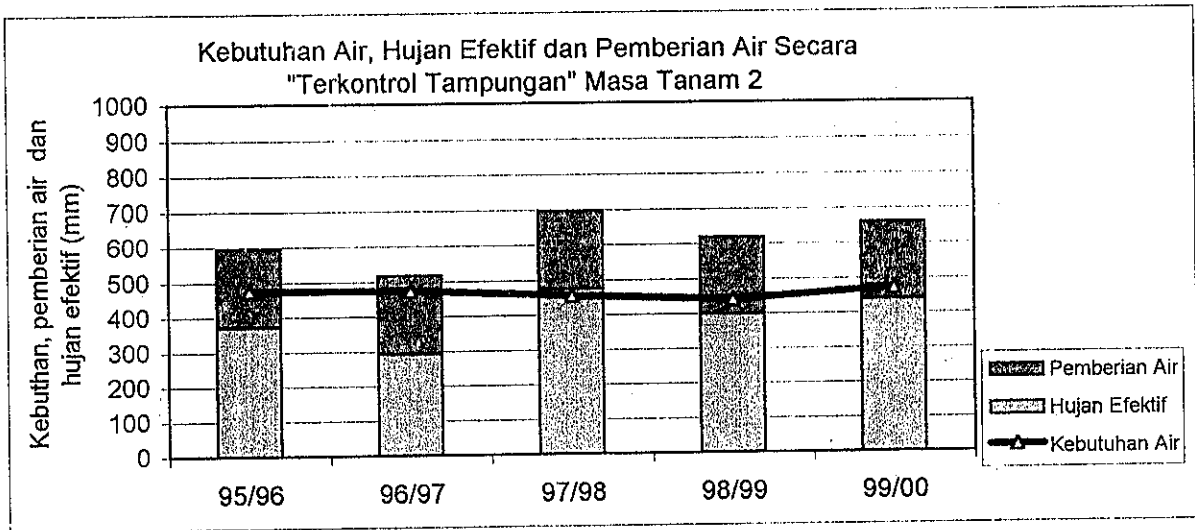
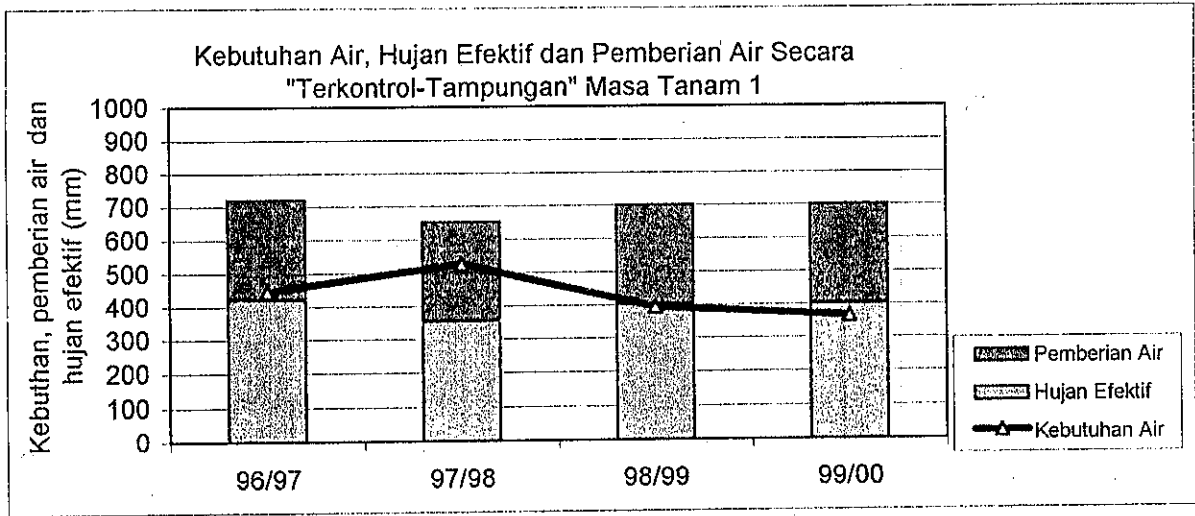
Teknik Pemberian Air irigasi	Masa Tanam	Parameter dan Variabel Simulasi	Tahun / Data (mm)				
			1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000
Kontinyu	MT 1	Hujan Efektif	-	344.34	338.19	315.72	283.59
		Pemberian Air	-	298	298	298	298
		Kebutuhan Air	-	444.81	525.10	393.30	364.91
	MT 2	Hujan Efektif	323.74	291.72	411.02	293.35	429.74
		Pemberian Air	224	224	224	224	224
		Kebutuhan Air	474.88	474.17	456.09	441.11	473.69
	MT 3	Hujan Efektif	61.73	0	93.51	187.31	92.11
		Pemberian Air	668	668	668	668	668
		Kebutuhan Air	574.46	661.32	597.66	662.41	562.00
Terjadwal	MT 1	Hujan Efektif	-	352.61	342.16	362.61	333.86
		Pemberian Air	-	298	298	298	298
		Kebutuhan Air	-	444.81	525.10	393.30	364.91
	MT 2	Hujan Efektif	324.90	258.30	400.84	413.96	439.06
		Pemberian Air	224	224	224	224	224
		Kebutuhan Air	474.88	474.17	456.09	441.11	473.69
	MT 3	Hujan Efektif	58.82	0	163.98	160.94	193.35
		Pemberian Air	668	668	668	668	668
		Kebutuhan Air	574.46	677.32	597.66	662.41	562.00
Terkontrol Tampung	MT 1	Hujan Efektif	-	421.53	354.18	402.41	402.21
		Pemberian Air	-	298	298	298	298
		Kebutuhan Air	-	444.81	525.10	393.30	364.91
	MT 2	Hujan Efektif	370.86	292.60	474.13	396.80	439.24
		Pemberian Air	224	224	224	224	224
		Kebutuhan Air	474.88	474.17	456.09	441.11	473.59
	MT 3	Hujan Efektif	61.73	0	167.70	160.94	201.86
		Pemberian Air	688	668	668	668	668
		Kebutuhan Air	574.46	661.32	597.66	662.41	562.10
Terkontrol Lengan Tanah	MT 1	Hujan Efektif	-	621.53	354.18	354.24	333.63
		Pemberian Air	-	298	298	298	298
		Kebutuhan Air	-	444.81	525.10	393.30	364.91
	MT 2	Hujan Efektif	364.62	265.29	423.21	344.00	376.27
		Pemberian Air	224	224	224	224	224
		Kebutuhan Air	474.88	474.17	456.09	441.11	473.69
	MT 3	Hujan Efektif	61.73	0	168.21	148.14	171.20
		Pemberian Air	668	668	668	668	688
		Kebutuhan Air	574.46	661.32	597.66	662.41	562.00



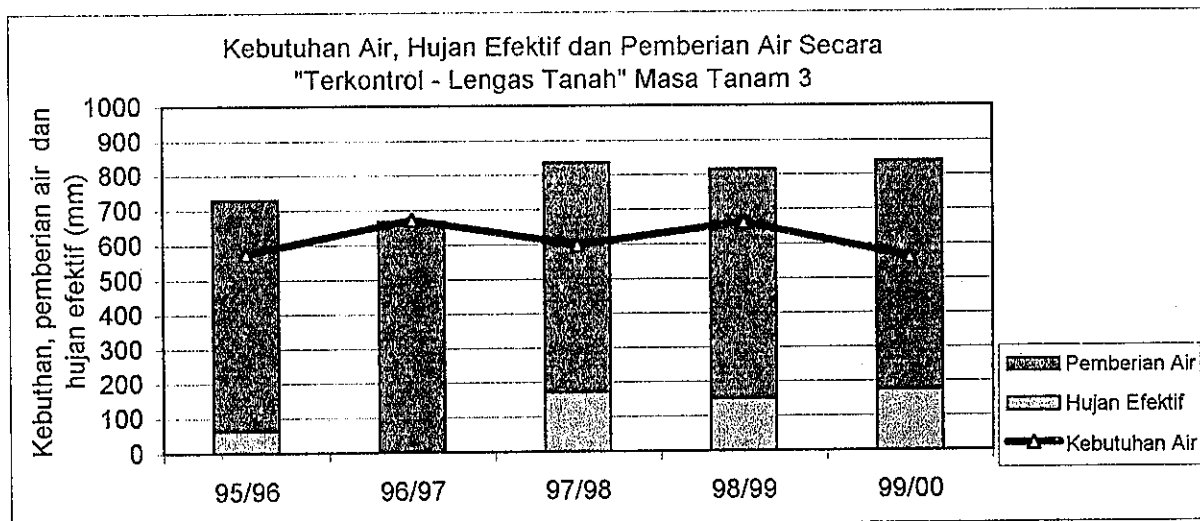
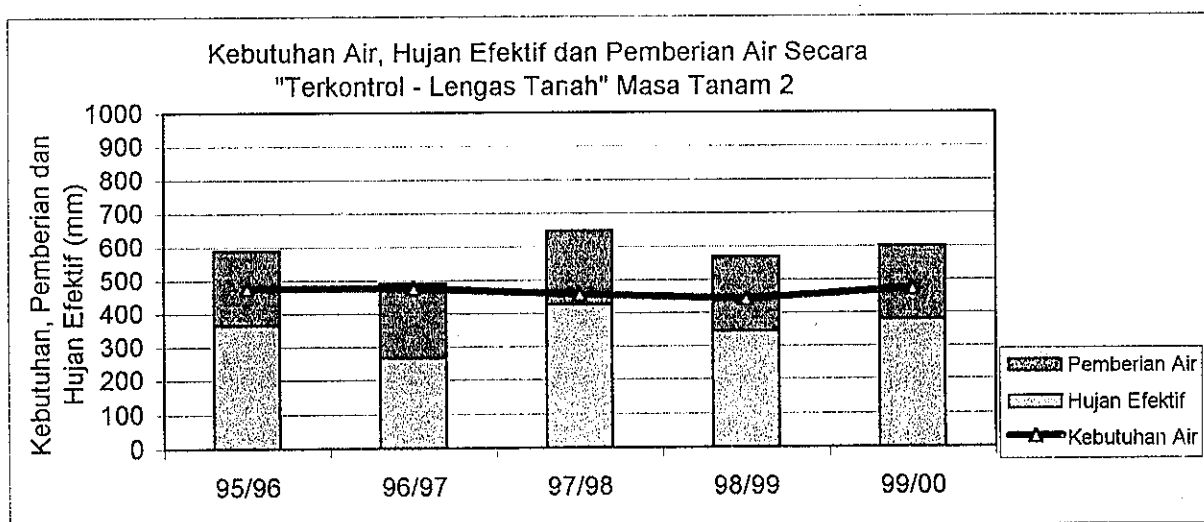
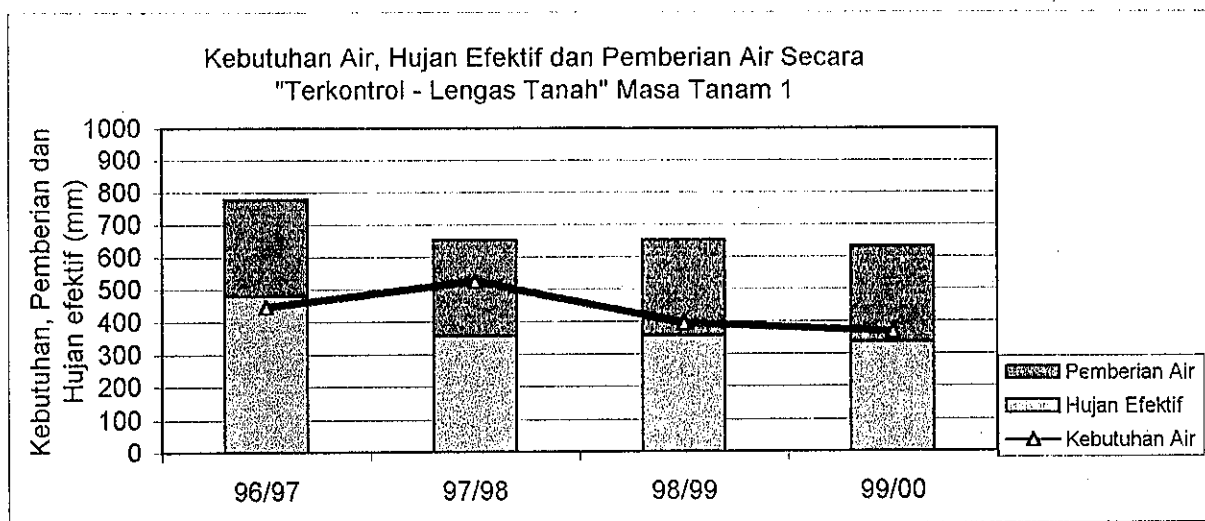
Gambar 5.7 Kebutuhan Air, Hujan Efektif dan Pemberian Air Teknik Pemberian Air Irigasi Secara Kontinyu



Gambar 5.8 Kebutuhan Air, Hujan Efektif dan Pemberian Air Teknik Pemberian Air Irigasi Secara Terjadwal



Gambar 5.9 Kebutuhan Air, Hujan Efektif dan Pemberian Air Irigasi Teknik Pemberian Air Terkontrol Berdasarkan Perubahan Tampungan



**Gambar 5.10 Kebutuhan Air, Hujan Efektif dan Pemberian Air Irigasi
Teknik Pemberian Air Terkontrol Berdasarkan Perubahan Lengas Tanah**

Dengan membandingkan antara masukan ke lahan (jumlah antara pemberian air irigasi dan hujan efektif) dengan kebutuhan air dapat diketahui tingkat keborosan suatu teknik pemberian air irigasi. Tabel 5.12 memperlihatkan perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan kebutuhan air untuk masing-masing teknik pemberian air.

Tabel 5.12 Perbandingan Antara Jumlah Hujan Efektif dan Pemberian Air Dengan Kebutuhan Air

Masa Tanam	Tahun Data	Teknik Pemberian Air (%)			
		Kontinyu	Terjadwal	Terkontrol 1	Terkontrol 2
MT 1	1996/1997	144.41	146.27	161.76	174.61
	1997/1998	121.16	121.91	124.20	124.20
	1998/1999	156.04	167.97	178.09	165.84
	1999/2000	159.38	173.16	191.89	173.09
MT 2	1995/1996	115.34	115.59	125.27	123.95
	1996/1997	108.76	101.71	108.95	103.19
	1997/1998	139.23	137.00	153.07	141.90
	1998/1999	117.28	144.63	140.74	128.77
	1999/2000	138.01	139.98	140.02	126.72
MT 3	1995/1996	127.03	126.52	127.03	127.03
	1996/1997	101.01	101.01	101.01	101.01
	1997/1998	141.23	139.21	139.83	139.91
	1998/1999	122.79	125.14	125.14	123.21
	1999/2000	152.19	153.27	154.78	149.32

Sumber : Hasil simulasi

Keterangan : Terkontrol 1 = Terkontrol berdasarkan perubahan tampungan
 Terkontrol 2 = Terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah

Pemberian air irigasi secara kontinyu mempunyai nilai rata-rata perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 131,70 %, pemberian air irigasi secara secara terjadwal mempunyai nilai rata-rata perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 135,24 %, pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai nilai rata-rata perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 140,84 %, sedangkan pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah mempunyai nilai rata-rata perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air mulai Masa Tanam 2 Tahun 1995/1996 sampai dengan Masa Tanam 3 Tahun 1999/2000 sebesar 135,91 %.

Hasil perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air irigasi dengan jumlah kebutuhan air irigasi, teknik pemberian air irigasi secara kontinyu mempunyai nilai rata-rata sebesar 131,70 %, teknik pemberian air irigasi secara terjadwal mempunyai nilai rata-rata sebesar 135,29 %, teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan mempunyai nilai rata-rata sebesar 140,84 %, teknik pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah mempunyai nilai rata-rata sebesar 135,91 %.

Berdasarkan kriteria perbandingan antara jumlah hujan efektif dan pemberian air dengan jumlah kebutuhan air irigasi masing-masing teknik pemberian air tersebut, maka pemanfaatan air hujan paling optimum adalah pemberian air irigasi terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.

5.4. Klarifikasi / Pembahasan Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan dengan perlakuan pemberian air yang sama setiap masa tanam, atau dengan kata lain pemberian air ditetapkan sebagai paramater, sedangkan kebutuhan air dan hujan efektif sebagai variabel. Pemberian air ditetapkan sebagai berikut ini.

1. MT.1 pemberian air sebesar 298 mm per masa tanam
2. MT.2 pemberian air sebesar 224 mm per masa tanam
3. MT.3 pemberian air sebesar 668 mm per masa tanam

Pemberian air irigasi secara kontinyu dilakukan dengan mengalirkan air secara terus menerus kedalam petak sawah dengan tinggi maksimum 200 mm, pada Masa Tanam 1 pemberian air irigasi sebesar 298 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan pemberian air sebesar 2 mm per harinya secara terus menerus, pada Masa Tanam 2 dengan pemberian air irigasi sebesar 224 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan 1 mm setiap harinya secara terus menerus, sedangkan pada Masa Tanam 3 pemberian air sebesar 668 mm dengan memberikan air awal sebesar 150 mm dan 7 mm setiap harinya secara terus menerus.

Pemberian air irigasi secara terjadwal dilakukan dengan memberikan air secara periodik 15 harian, pada Masa Tanam 1 sebesar 298 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan setiap periode 15 hari diberikan sebanyak 37 mm, pada Masa Tanam 2 sebesar 224 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan setiap periode 15 hari diberikan sebanyak 18,5 mm, sedangkan pada Masa Tanam 3 sebesar 668 mm dengan memberikan air awal sebesar 150 mm dan setiap periode 15 hari diberikan sebanyak 129,5 mm.

Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan seharusnya pemberian air irigasi dilakukan dengan memberikan air jika kondisi genangan mencapai ketinggian tertentu yaitu apabila tinggi genangan sampai kedalaman 0 segera ditambahkan air, namun demikian dalam penelitian ini pemberian air irigasi pada Masa Tanam 1 pemberian air irigasi sebesar 298 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan selanjutnya diberikan sejumlah air irigasi hingga mencapai 298 mm, pada Masa Tanam 2 pemberian air irigasi sebesar 224 mm dengan cara memberikan air irigasi awal sebesar 150 mm dan selanjutnya diberikan sejumlah air irigasi hingga jumlah air yang diberikan mencapai 224 mm, sedangkan pada Masa Tanam 3 pemberian air sebesar 668 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan selanjutnya diberikan sejumlah air hingga jumlah air yang sebesar 668 mm.

Pemberian air irigasi secara terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah seharusnya dilakukan dengan memberikan air jika lengas tanah pada kondisi 50 % kapasitas lapang atau lengas tanah pada kondisi dibawah 50 % kapasitas lapang diberikan air irigasi sampai ketinggian genangan normal (GENOR), namun dalam penelitian ini pada Masa Tanam 1 pemberian air irigasi sebesar 298 mm dengan cara memberikan air irigasi awal sebesar 150 mm dan selanjutnya pemberian air pada tinggi genangan tidak pernah mencapai lengas tanah 50 % kapasitas lapang, pada Masa Tanam 2 dengan memberikan air awal sebesar 224 mm dengan cara memberikan air irigasi awal sebesar 150 mm dan selanjutnya pemberian air irigasi tidak pernah lengas tanah mencapai kondisi 50 % kapasitas lapang, sedangkan pada Masa Tanam 3 pemberian air sebesar 668 mm dengan cara memberikan air awal sebesar 150 mm dan selanjutnya pemberian air irigasi tidak pernah lengas tanah mencapai kondisi 50 % kapasitas lapang.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melalui seluruh tahapan penelitian dapat disusun kesimpulan, dan saran sebagaimana berikut ini.

6.1 Kesimpulan.

Penelitian ini dilakukan pada Daerah Irigasi Tinalun yang terletak di Kabupaten Semarang dan ditujukan untuk mencari hujan efektif yang paling optimal dengan teknik pemberian air irigasi secara kontinyu, terjadwal, terkontrol berdasarkan perubahan tampungan, dan terkontrol berdasarkan perubahan lengas tanah. Simulasi dilakukan berdasar pemberian air irigasi dengan jumlah sama besar dan hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil simulasi nilai hujan efektif dan efisiensi pemanfaatan hujan efektif menunjukkan bahwa teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan memiliki nilai efisiensi terbesar dibanding teknik pemberian air irigasi lain yang disimulasikan.
2. Penentuan curah hujan optimum pada penelitian ini juga mempertimbangkan tentang Rasio Hujan Efektif dan Kebutuhan Air Irigasi, Rasio Pemberian dan Kebutuhan Air Irigasi serta perbandingan antara jumlah Hujan Efektif dan Pemberian Air Irigasi dengan Kebutuhan Air Irigasi. Pertimbangan ini digunakan untuk konfirmasi hasil simulasi.
3. Hasil simulasi dan konfirmasi berdasar 5 (lima) pertimbangan diatas diperoleh hasil yang sama, bahwa pemanfaatan air hujan yang paling optimum adalah teknik pemberian air secara terkontrol berdasarkan perubahan tampungan.
4. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, diperlukan implementasi dalam praktek pengelolaan irigasi dan verifikasi di lokasi penelitian lain untuk memvalidasi model simulasi ini.

6.2 Saran.

1. Perlu penelitian lanjutan yang menyelidiki peluang dan kendala implementasi ke empat teknik pemberian air irigasi dalam praktek pengelolaan irigasi.
2. Perlu penelitian mengenai hubungan berbagai teknik pemberian air irigasi dengan pertumbuhan dan produktivitas tanaman
3. Perlu penelitian untuk mengetahui secara kuantitatif antara efisiensi pemanfaatan hujan efektif, rasio hujan efektif dan kebutuhan air irigasi, pengaturan yang dilakukan dan keuntungan yang diperoleh.
4. Perlu penelitian untuk mengetahui efisiensi yang diakibatkan oleh faktor manajemen air, karena faktor ini dimungkinkan merupakan faktor dominan dalam efisiensi penggunaan air secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1986, **Standar Perencanaan Irigasi (KP 01)**, Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, CV. Galang Persada, Bandung
2. Anonim, 1987, **Prinsip Eksploitasi Irigasi**, DPU Propinsi Jawa Tengah (Pengairan), p12-57, 14-15.
3. Anonim, 1987, **System Planning Mapping and Design for Special Maintenance of Irrigation Sub Sector Loan Project**, Proyek Irigasi Jawa Tengah, p1-30.
4. Anonim, 1991, **Model Hujan Efektif Padi Sawah**, Proyek Irigasi Jawa Tengah, p2-27.
5. Anonim, 1997, **Buku Pedoman Umum Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi**, Direktur Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, p1-1 -- 3-29.
6. Anonim, 1997, **Penelitian Water management dan Pemantapan Rencana Tata Tanam Tentang Kajian Operasi Irigasi Terhadap Sistem Faktor K Daerah Irigasi Grogek dan Daerah Irigasi Simangu**, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah, p2-2 – 3-15.
7. Anonim, 1999, **Penelitian Water Management dan Pemantapan Rencana Tata Tanam Tentang Perangkat Lunak (Software) Penyusunan Data Dasar dan Evaluasi Pemanfaatan Air Irigasi Dalam DAS Bengawan Solo**, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah, p2-1 – 3-11.
8. Dastane, 1974, **Effective Rainfall in Irrigated Agriculture**, Food and Agriculture Organisation, Rome, p6
9. Fleming G, 1975, **Computer Simulation Techniques in Hidrology**, American Elsevier Publishing Co. Inc New York, p104-105
10. G. Djatmiko Soedarsono dan S.J. Edy Purnomo, 1993, **Mekanika Tanah**, p15-126.
11. Michael A.M 1978, **Irrigation Theory and Practices**, Vikas Publishing House PVT LTD, New Delhi, p454-456, 481-482, 540-541
12. Rachmad Jayadi, 1988, **Analisis Probabilitas Hujan Efektif Untuk Padi Sawah**, Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil UGM, p23-25

13. Rachmad Jayadi, 1995, **Teknik Optimasi Untuk Pengelolaan Sumberdaya Air**, Workshop Pengelolaan Sumberdaya air di Satuan Wilayah Sungai, Jurusan Teknik Sipil FT UGM,p24-26
14. Suyono Sosrodarsono, 1978, **Hidrologi Untuk Pengairan**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, p217-222
15. Sudjarwadi, 1987, **Teknik Sumber Daya Air**, Diklat kuliah Jurusan Teknik Sipil UGM, tidak diperdagangkan,
16. Sudjarwadi, 1988, **Penetapan Efisiensi Irigasi Pada Daerah Irigasi Sederhana**, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta
17. Sudjarwadi, 1990, **Teori dan Praktek Irigasi**, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta, p16-18, 22-27, 77-82
18. Sudjarwadi, 1992, **Kebutuhan Air Irigasi Untuk Padi Sawah Berdasar Sifat Hujan Bermanfaat Langsung Pada Tiga Teknik Pemberian Air**, Forum Teknik Sipil No. ½ Juli 1992, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta, p3-12
19. Viessman, Waren, 1977, **Introduction to Hydrology**, Harper & Row Publishers New York, p 403-404
20. Walker W.R, (1987), **Surface Irrigation Theory And Practice**, Prentice Hall Inc, Englewood, New Jersey,p9, 11-12
21. Wurbs. Ralph Allen, (1996), **Modelling and Analysis of Reservoir System Operations**, Prentice Hall Inc, Upper Saddle River, p12-14