

26690/H/06



**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN ALOKASI DEBIT
PADA SISTEM IRIGASI TEKNIS DENGAN PROGRAM LINIER
(Studi Kasus Daerah Irigasi Wonosroyo Kabupaten Bondowoso)**

DWI DJOKO SURANTO
NRP : 2504 201 009

RTJ
627.52
Sur
p-1
2006



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	2-8-06
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	226282

**PROGRAM STUDI MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN OPERASIONAL
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2006**

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN ALOKASI DEBIT
PADA SISTEM IRIGASI TEKNIS DENGAN PROGRAM LINIER
(Studi Kasus Daerah Irigasi Wonosroyo Kabupaten Bondowoso)**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

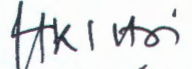
DWI DJOKO SURANTO
NRP : 2504 201 009

Tanggal Ujian : 20 Juli 2006
Periode Wisuda : September 2006

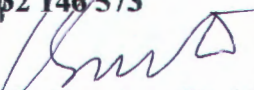
Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:


1. **Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D**
NIP. 130 532 035

(Pembimbing I)


2. **Nurhadi Siswanto, ST., MSIE**
NIP. 132 146 573

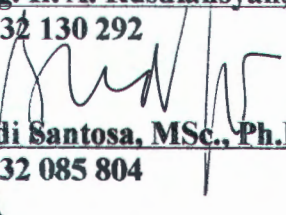
(Pembimbing II)


3. **Dr. Ir. Budisantoso W., M.Eng.**
NIP. 130 781 345

(Penguji)

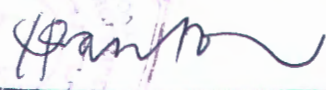

4. **Dr. Eng. Ir. A. Rusdiansyah, M.Eng.**
NIP. 132 130 292

(Penguji)


5. **Ir. Budi Santosa, MSc., Ph.D.**
NIP. 132 085 804

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Happy Ratna S., MSc., Ph.D
NIP. 130 541 829

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN ALOKASI DEBIT
PADA SISTEM IRIGASI TEKNIS DENGAN PROGRAM LINIER
(Studi Kasus Daerah Irigasi Wonosroyo Kabupaten Bondowoso)**

Oleh :
DWI DJOKO SURANTO

Pembimbing :

Prof. Ir. SUPARNO, MSIE., PhD.
NURHADI SISWANTO, ST., MSIE.

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan penduduk yang semakin padat, maka air menjadi komoditas yang berharga, terbatas dan vital. Mengingat keterbatasan ketersediaan air di alam dalam memenuhi berbagai kebutuhan, maka perlu melakukan usaha-usaha agar air dapat tersedia dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitas sebagaimana yang diinginkan. Dengan demikian air dapat memberikan manfaat setinggi-tingginya bagi peningkatan produktivitas hasil pertanian. Permasalahan dalam studi ini adalah berapakah jumlah debit air yang dapat dialokasikan secara tepat, melalui sistem irigasi teknis dengan mempertimbangkan ketersediaan air, sehingga tanaman dapat berproduksi semaksimal mungkin.

Tujuan dalam studi ini adalah merencanakan dan mengendalikan jumlah debit air yang dapat dialokasikan pada sistem irigasi teknis, sehingga didapatkan pola tanam yang optimal. Adapun manfaat yang diharapkan adalah meningkatkan pelayanan alokasi debit air secara adil dan merata, meningkatkan efisiensi dan terlaksananya pola tata tanam secara optimal dan dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

Analisa yang dilakukan meliputi pengolahan data dan pembuatan model perencanaan dengan program linier. Analisa tersebut terdiri dari analisa evapotranspirasi, kebutuhan air irigasi, ketersediaan air irigasi, keuntungan irigasi, dan hasil optimasi. Adapun evaluasi yang dilakukan adalah peninjauan kinerja model sistem alokasi debit pada kondisi eksisting dibandingkan dengan alternatif hasil perencanaan.

Model perencanaan yang dilakukan adalah mengoptimalkan luas lahan yang dapat ditanami, selanjutnya ditentukan dan dikendalikan debit air pada masing-masing pintu pengambilan. Pada kondisi eksisting volume ketersediaan air sepanjang tahun dengan pola tanam padi-padi-palawija, hanya mampu mengairi luas lahan yang tersedia dengan intensitas tanam 218 % dan total keuntungan sebesar Rp.22,736,214,350,-. Hasil perencanaan yang layak disarankan adalah alternatif golongan B, dimana penetapan awal masa tanam dimulai tanggal 11 Oktober. Total keuntungan yang diperoleh sebesar Rp. 27,188,380,000,- dengan intensitas tanam 282 %. Intensitas tanaman padi meningkat rata-rata sebesar 3,5 %, tanaman palawija meningkat 58 %, sedangkan efektivitas penggunaan lahan mencapai 94 %, sementara pada kondisi eksisting sebesar 72 %.

Kata kunci : Perencanaan, Alokasi Debit, Program Linier

**PLANNING AND CONTROLLING DISCHARGE ALLOCATION
ON TECHNICAL IRRIGATION SYSTEM THROUGH LINEAR PROGRAM
(Case Study of Irrigation Area in Wonosroyo, Regency of Bondowoso)**

By :
DWI DJOKO SURANTO

Supervisors :

Prof. Ir. SUPARNO, MSIE., PhD.
NURHADI SISWANTO, ST., MSIE.

ABSTRACT

In relation to the rapid growth of population, water becomes valuable, limited, and vital commodity. Considering the scarcity of the quantity of water in nature in fulfilling various needs, it is urgent to do the efforts to keep water in needed amount, time, place, and quality. Thereby, water can provide the maximum benefit for improving agricultural production. The problem of this study is that what is the best amount of water discharge to be allocated through technical irrigation system by considering the availability of water, in order that crops can be productive as maximum as possible.

The objective of this study is planning and controlling the amount water discharge to be allocated through technical irrigation system, in purpose of obtaining the best cultivation pattern. The expected significances were improving the service of water discharge allocation fairly and completely, improving the efficiency and realization of cultivation optimally and can be used as consideration in decision making.

Analysis conducted covered data processing and planning-model designing through the linear program. The analysis consisted of the analysis evapo-transpiration, the need for irrigation water, availability of irrigation water, advantage of irrigation, and result of optimization. The evaluation undertaken was calculating the performance of model of discharge allocation system at existing condition compared to alternative result of planning.

Model of planning taken was optimizing the size of farm-land which could be cultivated, and then determining and controlling irrigation water discharge at each intake. At existing condition, the volume of water availability during the year within the cultivation pattern paddy-paddy-*palawija*, could only irrigate farm-land with the planting intensity of 218 % and total advantage of Rp 22,736,214,350,-. Result of planning highly recommended was Group B, where the beginning of planting period was from date October 11th. Total advantage obtained was Rp 27,188,380,000,- with the planting intensity of 282 %. The planting intensity of paddy increased in the average of 3,5 %, *palawija* increased by 58 %, whereas the effectiveness of farm-land use reached 94 %, within existing condition of 72 %.

Keywords: Planning, Discharge Allocation, Linear Program

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kasih atas segala rahmat dan bimbingan-Nya, sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Tesis berjudul **“Perencanaan dan Pengendalian Alokasi Debit pada Sistem Irigasi Teknis dengan Program Linier”** diajukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Penelitian ini pada intinya adalah penggunaan program linier dalam perencanaan dan pengendalian alokasi debit air irigasi pada petak-petek tersier dalam daerah irigasi agar diperoleh pembagian air yang tepat dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitas, sehingga dicapai keuntungan yang maksimal. Penelitian ini merupakan studi kasus pada Daerah Irigasi Wonosroyo Kabupaten Bondowoso.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat.

1. Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D., selaku Pembimbing Utama, atas bimbingan dan perhatiannya dalam proses penyelesaian tesis ini.
2. Nurhadi Siswanto, ST., MSIE., selaku Ko-Pembimbing dan sekaligus sebagai dosen wali, atas arahan dan petunjuknya yang sangat berarti selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
3. Tim penguji seminar proposal dan sidang akhir Pascasarjana Teknik Industri ITS yang telah banyak memberikan masukan demi kesempurnaan tesis ini.

4. Kepala Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso dan seluruh staf yang telah banyak membantu dalam pengumpulan data yang diperlukan untuk penyelesaian tesis ini.
5. Ir. Sucipto, MT dan Ir. Kukuh Triyatmoko MM., atas waktu yang diberikan dalam diskusi untuk mempertajam penyelesaian tesis ini.
6. Maria Vincentia. Prastyaningsih, Vincentius Ega Yudha Prasetya, Nikolas Gerika Yediyatama, isteri dan kedua anakku yang tercinta dan segenap keluarga yang telah memberikan dorongan, semangat dan doa hingga selesainya studi ini.
7. Segenap dosen, staf administrasi dan karyawan di Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Sahabat MO-TI-2004 (Udin – Rita – Adi – Ratna – Syarif – Zya – Hakam -Indri) dan rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Teknik Industri atas dukungan, semangat dan kekompakannya selama ini.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan penyempurnaan penulis selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap mudah-mudahan hasil penelitian ini dapat berguna bagi siapa saja yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah dan Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Prinsip-prinsip Irigasi	9
2.2 Evapotranspirasi	13
2.3 Kebutuhan Air Irigasi	18
2.3.1 Kebutuhan Air untuk Tanaman	19
2.3.2 Kebutuhan Air di Sawah	20
2.3.3 Kebutuhan Air di Pintu Pengambilan	26

2.4	Efisiensi Irigasi	28
2.5	Analisa Debit Andalan	29
2.6	Model Optimasi	33
2.7	Program Linier	38
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	42
3.2	Tahapan Studi	42
3.3	Tahap Studi Pendahuluan	46
3.4	Tahap Analisa	48
3.5	Tahap Evaluasi	50
3.5.1	Evapotranspirasi potensial	50
3.5.2	Perhitungan kebutuhan air irigasi	52
3.5.3	Perhitungan ketersediaan air	57
3.5.4	Keuntungan irigasi	57
3.5.5	Perumusan model optimasi	58
3.6	Model Pengujian	63
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Potensi Wilayah Studi	65
4.2	Perhitungan Evapotranspirasi Potensial	67
4.3	Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi	70
4.3.1	Kebutuhan air tanaman	74
4.3.2	Curah hujan efektif	74
4.3.3	Perkolasi	78

4.3.4	Pengolahan tanah	78
4.3.5	Pergantian lapisan air	79
4.3.6	Efisiensi irigasi	79
4.3.7	Kebutuhan air irigasi	80
4.4	Analisa Manfaat Bersih Air Irigasi	82
4.4.1	Pola usahatani	82
4.4.2	Hasil produksi pertanian	86
4.4.3	Biaya produksi pertanian	86
4.4.4	Perhitungan manfaat bersih air irigasi	87
4.5	Ketersediaan Air Irigasi	90
4.6	Perencanaan dan Pengendalian dengan Program Linier	92
4.6.1	Model perencanaan	92
4.6.2	Analisis perencanaan	95
4.6.3	Hasil perencanaan	97
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	110
5.2	Saran	111
 DAFTAR PUSTAKA		112
 LAMPIRAN		113

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Hal.
1.	Koefisien tanaman (Kc) untuk tanaman padi dan palawija	21
2.	Pedoman curah hujan efektif rata-rata bulanan dengan metode USDA-SCS untuk tanaman palawija	27
3.	Klasifikasi efisiensi irigasi (%)	30
4.	Pola tata tanam yang direncanakan pada D.I. Wonosroyo	55
5.	Komponen model program linier	59
6.	Komponen data sumber daya tanah dan kebutuhan air irigasi	60
7.	Komponen keuntungan pemanfaatan air irigasi	61
8.	Model pengujian perencanaan dan pengendalian dengan program linier	64
9.	Luas baku sawah dan produktivitas hasil pertanian pada D.I. Wonosroyo	68
10.	Ringkasan hubungan T, Rh, ea, ed, u, u-day/u-light, W, Ra, f (T) untuk D.I. Wonosroyo	71
11.	Hasil perhitungan evapotranspirasi potensial (ET _o) dengan metode Penman	72
12.	Curah hujan efektif untuk tanaman palawija	76
13.	Curah hujan efektif untuk tanaman padi dan palawija	77
14.	Kebutuhan air irigasi di intake	81
15.	Perhitungan biaya produksi untuk tanaman padi dan palawija	88
16.	Hasil perhitungan manfaat bersih air irigasi	89
17.	Debit air yang tersedia untuk irigasi	91
18.	Parameter keuntungan P _{ij} dalam analisis perencanaan	94



No.	Judul	Hal.
19.	Volume kebutuhan dan ketersediaan air irigasi	95
20.	Perencanaan luas lahan, intensitas tanam dan manfaat air irigasi	98
21.	Hasil perhitungan luas lahan, intensitas tanam dan manfaat air irigasi sebelum perencanaan (kondisi eksisting)	100

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal.
1.	Sistem jaringan irigasi teknis	12
2.	Neraca energi	16
3.	Peta jaringan irigasi Kabupaten Bondowoso	43
4.	Skema sistem jaringan irigasi teknis D.I. Wonosroyo	44
5.	Bagan alir metodologi penelitian	45
6.	Analisa data penelitian	51
7.	Hubungan volume air yang tersedia dengan kebutuhan air irigasi pada kondisi lahan 100 % ditanami.	93
8.	Perbandingan luas lahan yang dapat ditanami	104
9.	Perbandingan intensitas tanam setiap periode dan efektivitas	105
10.	Perbandingan intensitas tanam dengan keuntungan dalam kurun waktu satu tahun perencanaan	106

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Hal.
1.	Luas baku sawah setiap daerah irigasi di Kabupaten Bondowoso	114
2.	Tekanan uap jenuh terhadap suhu udara rata-rata	115
3.	Nilai fungsi kecepatan angin $f(u)$	115
4.	Nilai faktor pemberat (1-W) untuk efek kecepatan angin dan kelembaban udara pada ETo dalam hubungan suhu dan ketinggian . . .	116
5.	Nilai faktor pemberat (W) untuk efek radiasi pada ETo dalam hubungan suhu dan ketinggian	116
6.	Besaran nilai angot (R_a) dalam hubungan dengan letak lintang	117
7.	Rata-rata lamanya penyinaran matahari maksimum setiap hari (N) dalam hubungan dengan bulan dan letak lintang	118
8.	Faktor konversi R_a dan R_{ns} untuk refleksi sinar matahari	119
9.	Pengaruh suhu $f(T)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})	119
10.	Pengaruh tekanan uap jenuh $f(e_d)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})	119
11.	Pengaruh ratio aktual dan maksimum jam penyinaran matahari $f(n/N)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})	119
12.	Faktor koreksi (C) pada persamaan Penman	120
13.	Temperatur udara rata-rata bulanan	121
14.	Kelembaban udara rata-rata bulanan	122
15.	Lama penyinaran matahari rata-rata bulanan	123
16.	Kecepatan angin rata-rata bulanan	124
17.	Curah hujan rata-rata bulanan D.I. Wonosroyo	125
18.	Rata-rata jumlah hari hujan bulanan D.I. Wonosroyo	126

No.	Judul	Hal.
19.	Curah hujan rata-rata periode 10 harian D.I. Wonosroyo	127
20.	Analisa frekuensi data curah hujan periode 10 harian	129
21.	Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi D.I. Wonosroyo	135
22.	Harga satuan untuk produksi pertanian	143
23.	Debit sungai rata-rata 10 harian tahun 1996-2005	144
24.	Analisa frekuensi debit sungai	145
25.	Debit intake rata-rata 10 harian Bendung Wonosroyo tahun 1996-2005	148
26.	Analisa frekuensi debit intake Bendung Wonosroyo	149
27.	Formulasi matematis dalam perencanaan dengan program linier	152
28.	Print out perencanaan dengan program linier	164
29.	Perhitungan manfaat bersih air irigasi sebelum perencanaan	176

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air sangat erat hubungannya dengan manusia sebagai sumber kehidupan, yang berarti besar sekali peranannya bagi kehidupan di dunia ini tanpa terkecuali, oleh karena itu makhluk hidup sangat menggantungkan hidupnya pada air. Air selain sebagai konsumsi makan dan minum juga diandalkan untuk keperluan pertanian, industri dan lain-lain. Disamping itu air telah menentukan penyebaran pertumbuhan dan perkembangan tanaman, baik secara ekologi maupun fisiologi. Tipe-tipe vegetasi dan adaptasi tanaman adalah hasil interaksi berbagai faktor fisik lingkungan, terutama keterbatasan air.

Air yang mudah didapat merupakan syarat mutlak bagi berlangsungnya kegiatan pembangunan, termasuk pembangunan dalam bidang pertanian. Di Indonesia dengan tersedianya sumber air yang cukup adalah langkah awal ke arah tingkat kehidupan dan keadaan masyarakat yang lebih baik. Maka pengembangan dan pelaksanaan program penyediaan air mendapat prioritas tertinggi. Namun perlu disadari bahwa mendatangkan atau menyediakan cukup air untuk usaha dalam bidang pertanian, seringkali merupakan tugas yang tidak mudah dan dapat memakan biaya yang tinggi. Agar air dapat memberikan manfaat yang setinggi-tingginya, maka perlu melakukan usaha-usaha supaya air tersedia dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitas sebagaimana yang diinginkan. Demikian pula dalam usaha pertanian, air merupakan sarana yang mutlak diperlukan. Oleh karena itu tanpa usaha tersebut di atas, biasanya air tidak tersedia seperti yang kita inginkan.

Agar tanaman dapat terpenuhi kebutuhan airnya maka campur tangan manusia sangat diperlukan. Campur tangan manusia untuk memenuhi kebutuhan akan air tersebut disebut irigasi. Irigasi secara umum mengandung arti sebagai pemberian atau penggunaan air pada tanah dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitas yang tepat, agar tanaman dapat hidup secara optimum. Oleh karena itu air dapat diklasifikasikan sebagai salah satu faktor produksi yang sangat penting dalam menentukan berhasil tidaknya suatu usaha, khususnya bidang pertanian. Sedangkan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman merupakan faktor utama yang perlu mendapat perhatian. Maka dari itu air juga sering disebut sebagai faktor pembatas (limited factor).

Seiring dengan perkembangan penduduk yang semakin padat, maka air mulai menjadi komoditas yang berharga, terbatas dan vital. Diamping itu untuk mewujudkan pembangunan pertanian yang tangguh, yang dicirikan oleh kemampuannya dalam mensejahterakan petani melalui peningkatan produksi, baik kualitas maupun kuantitas pada berbagai komoditas pertanian. Namun demikian air di alam ini tidaklah selalu tersedia dalam jumlah yang cukup dalam kualitasnya untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda-beda.

Sasaran pengelolaan air pada prinsipnya adalah pemanfaatan air secara maksimal, atau dengan kata lain memanfaatkan sumber-sumber air yang ada dengan sebaik-baiknya. Pemanfaatan dalam hal ini mengandung pengertian tentang pengelolaan dan pengaturan. Oleh karena itu pemikiran kita mengarah pada upaya penggunaan air secara efisien, efektif dan produktif, sesuai dengan pola pemakaian sumber daya secara bijaksana, dalam arti tidak kurang tetapi juga tidak lebih.

Pada kenyataannya membuktikan bahwa penggunaan air terbesar adalah untuk keperluan irigasi. Dengan keterbatasan sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan tersebut, menyebabkan perlunya usaha-usaha untuk mengendalikan penggunaan air agar lebih hemat, khususnya sektor pertanian yang menggunakan air dalam proses produksinya.

Dalam studi ini, Daerah Irigasi Wonosroyo yang merupakan bagian wilayah kerja Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Wonosari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso Propinsi Jawa Timur, sistem irigasi teknis yang dibangun untuk memanfaatkan sumberdaya air dari Sungai Pakisan. Luas baku sawah yang dilayani sebesar 2702 ha yang terbagi kedalam sistem irigasi teknis sebesar 2305 ha, setengah teknis sebesar 376 ha dan sistem irigasi sederhana 21 ha, dengan intensitas tanam rata-rata 218 % dalam kurun waktu satu tahun.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan utama dalam pengalokasian debit air pada sistem irigasi ini adalah kurang baiknya sistem pembagian air pada petak tersier yang menyebabkan distribusi air tidak adil dan merata. Sistem yang kurang baik ini disebabkan oleh adanya perencanaan dan pengendalian yang kurang memperhitungkan kebutuhan air pada masing-masing petak tersier sesuai dengan kebutuhan dalam jumlah, waktu dan tempat yang tepat.

Selama ini perencanaan alokasi debit air pada sistem irigasi teknis diarahkan untuk memenuhi volume kebutuhan air pada jaringan irigasi, sementara perubahan kebutuhan air bagi tanaman sesuai dengan umur dan waktu penanaman kurang diperhatikan, hal ini menyebabkan pemanfaatan air kurang efisien.



Berkaitan dengan ketersediaan air sepanjang tahun yang sangat berfluktuasi, khususnya pada musim kemarau atau masa-masa kering sudah dirasakan adanya kekurangan air irigasi. Demikian pula kendala yang terjadi di lapang bahwa pola tanam sering kali tidak mengacu pada ketersediaan air atau perencanaan yang telah ditetapkan bersama dalam Panitia Irigasi. Disamping itu pemanfaatan sumber-sumber air yang ada pada saat ini masih dirasakan belum efektif. Sehingga pengaturan air secara adil dan merata sudah selayaknya dipikirkan mulai saat ini.

Oleh karena itu dalam studi ini diperlukan perencanaan dan pengendalian dalam pemanfaatan sumberdaya air yang terbatas, agar menjamin kebutuhan air dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitas yang tepat. Perencanaan pola tanam yang baik dan pengendalian alokasi debit yang tepat pada sistem irigasi, merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah, sehingga diperoleh manfaat semaksimal mungkin dalam pengoperasian sistem irigasi tersebut.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian singkat pemikiran tersebut di atas, permasalahan dalam studi ini adalah berapakah jumlah debit air yang dapat dialokasikan pada masing-masing petak tersier dalam satu daerah irigasi secara tepat dalam jumlah, waktu dan tempat melalui sistem irigasi teknis, dengan mempertimbangkan ketersediaan air sehingga tanaman dapat berproduksi semaksimal mungkin.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang akan dicapai dalam studi ini adalah merencanakan dan mengendalikan jumlah debit air yang dapat dialokasikan pada sistem irigasi teknis, sehingga didapatkan pola tata tanam yang optimal.

Adapun manfaat yang diharapkan dari perencanaan ini adalah :

- Meningkatkan pelayanan pembagian alokasi debit air secara adil dan merata
- Meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumberdaya air yang tersedia
- Menjamin terlaksananya pola tata tanam secara optimal
- Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan bagi pihak pengelola air irigasi.

1.5 Batasan Masalah dan Asumsi

Perencanaan dan pengendalian alokasi debit pada sistem irigasi teknis berguna untuk merencanakan pembagian alokasi debit air secara adil dan merata, sehingga terjamin pelaksanaan pola tata tanam secara optimal. Konsep pembagian alokasi debit air berdasarkan jumlah, waktu dan tempat sesuai kebutuhan dengan mempertimbangkan ketersediaan air, dengan demikian tanaman dapat hidup dan berproduksi secara maksimal.

Dalam studi ini batasan dan ruang lingkup dititikberatkan pada faktor-faktor yang mempengaruhi pemanfaatan potensi air yang tersedia. Batasan-batasan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan potensi air yang tersedia dari Bendung hanya ditinjau untuk kepentingan irigasi
2. Keuntungan dari pemanfaatan air untuk irigasi didasarkan pada rencana pola tata tanam.
3. Sistem irigasi yang terdapat pada daerah irigasi adalah sistem irigasi teknis, yaitu air irigasi yang dapat diatur dan diukur.

Sedangkan beberapa asumsi yang diambil dalam perencanaan ini adalah :

1. Perhitungan kebutuhan air tanaman dihitung berdasarkan data-data klimatologi dengan menggunakan pendekatan secara empiris dari rumus Penman.
2. Analisa ketersediaan air yang dianalisis berdasarkan perhitungan debit andalan 80 % ($Q_{maks} = Q_{80\%}$).
3. Kehilangan air di jaringan irigasi dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu kehilangan air di tingkat jaringan induk rata-rata sebesar 12,5 %, sedangkan kehilangan air di tingkat jaringan tersier rata-rata sebesar 25 %.
4. Laju perkolasi di D.I. Wonosroyo ditentukan sebesar 1,0 mm/hari.
5. Analisa data yang dipergunakan berdasarkan data masa lampau, yang dipergunakan untuk merencanakan alokasi debit air dalam kurun waktu 1 (satu) tahun yang akan datang atau perencanaan ini bersifat tahunan.
6. Budidaya tanaman pada setiap petak tersier dianggap seragam, baik jenis tanaman, varietas dan cara bercocok tanam.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tesis ini secara garis besar akan diuraikan sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah atau ruang lingkup dan asumsi yang digunakan dalam studi kasus ini, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini berkaitan dengan dasar-dasar teori yang mendukung studi kasus, penelusuran pustaka dalam upaya menentukan posisi permasalahan yang dikaji dalam berkontribusi membangun kasanah ilmu pengetahuan. Tinjauan pustaka tersebut meliputi : prinsip-prinsip irigasi, evapotranspirasi, kebutuhan air irigasi, efisiensi irigasi, analisa debit andalan, model optimasi dan program linier.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah secara sistematis dan terstruktur yang ditentukan untuk mengerjakan tesis dari awal hingga akhir, termasuk kesimpulan dan saran. Langkah-langkah tersebut meliputi tahap studi pendahuluan, analisa dan evaluasi. Tahap studi pendahuluan meliputi : identifikasi dan perumusan masalah, penetapan tujuan, studi pustaka, survey pendahuluan, identifikasi metode analisis, penentuan data yang dikumpulkan dan pengumpulan data. Sedangkan tahap analisa meliputi : analisa evapotranspirasi potensial, kebutuhan air irigasi, ketersediaan air irigasi, keuntungan irigasi dan hasil optimasi. Tahap evaluasi dilakukan peninjauan kinerja model sistem alokasi debit air dengan program linier, pada kondisi eksisting maupun hasil perencanaan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Inti dari tesis ini terletak pada Bab IV, yaitu hasil dan pembahasan permasalahan dalam studi kasus yang dikaji dengan dasar teori

yang relevan. Fenomena dan alternatif-alternatif yang muncul dari hasil studi, dibahas secara detail untuk mendapatkan jawabannya, apakah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil akhir dari penelitian yang didasarkan dari hasil pembahasan, disimpulkan pada bab ini disertai dengan saran bagi pembaca untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip-prinsip Irigasi

Keberhasilan produksi tanaman salah satunya adalah tersedianya air dalam jumlah, waktu dan kualitas yang tepat. Tidak semua tempat beruntung dengan persediaan air yang berlimpah, bahkan pada saat-saat tertentu air merupakan barang langka. Dalam keadaan seperti ini penggunaan air harus lebih efisien agar dapat memenuhi kebutuhan air untuk lahan yang lebih luas.

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Dengan kata lain irigasi dapat pula didefinisikan sebagai suatu usaha untuk menambah kelembaban tanah dalam jumlah, waktu dan kualitas yang tepat, agar tanaman dapat hidup secara optimum (Suranto dan Supriyono, 1989).

Tujuan utama irigasi dalam bidang pertanian adalah untuk mencukupi kebutuhan air bagi pertumbuhan tanaman. Sedangkan menurut Suranto dan Supriyono (1989), manfaat lain yang dapat diperoleh dari irigasi adalah sebagai berikut : (1) mempermudah pengolahan tanah; (2) mencegah pertumbuhan gulma; (3) mengatur suhu tanah dan tanaman; (4) memperbaiki kesuburan tanah; (5) pada saat musim kemarau yang pendek, menyediakan jaminan panen; (6) membantu mendinginkan tanah dan atmosfer, sehingga menimbulkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanaman; (7) mengurangi atau mencuci garam dalam tanah; (8) mengurangi bahaya erosi tanah; dan (9) memperlambat pembentukan tunas dengan pendinginan karena penguapan.

Dalam pelaksanaannya prinsip-prinsip irigasi meliputi : (1) pengembangan sumber dan penyediaan air; (2) penyaluran air dari sumber ke daerah pertanian; (3) pembagian dan pemberian air pada areal pertanian; dan (4) pengaturan pembuangan kelebihan air. Irigasi tidak hanya terbatas kepada penggunaan air pada tanah saja, jangkauan ilmu irigasi meliputi daerah aliran yang menghasilkan air irigasi, pengelolaan dan penyaluran air sampai ke tanah pertanian serta masalah drainase. (Suranto dan Supriyono, 1989).

Menurut Hansen, Israelsen dan Stringham (1974), bahwa pemberian air irigasi dapat dilakukan dalam lima cara, yaitu dengan : (1) penggenangan (*flooding*); (2) penggunaan alur besar atau kecil (*furrow*); (3) penggunaan air bawah permukaan tanah melalui sub irigasi, sehingga menyebabkan permukaan air tanah naik (*sub surface*); (4) penyiraman (*sprinkling*); (5) sistem tetes (*trickle*).

Sumber air untuk keperluan irigasi yang utama adalah curah hujan. Curah hujan yang jatuh pada daerah tangkapan atau daerah aliran sungai (*catchment area*), selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi. Sedangkan sumber air yang dapat dimanfaatkan adalah air permukaan, seperti air sungai, danau, mata air dan sebagainya. Pemanfaatan air sungai untuk irigasi mempunyai karakteristik yang unik, yaitu permukaan air sungai bersifat tidak tetap (fluktuatif), sebab sifat dari sungai itu sendiri tidak mempunyai kemampuan untuk menyimpan air. Sedangkan waduk fluktuasi muka air sudah dihilangkan atau diabaikan, karena adanya kemampuan waduk untuk menyimpan air (Suranto dan Supriyono, 1989).

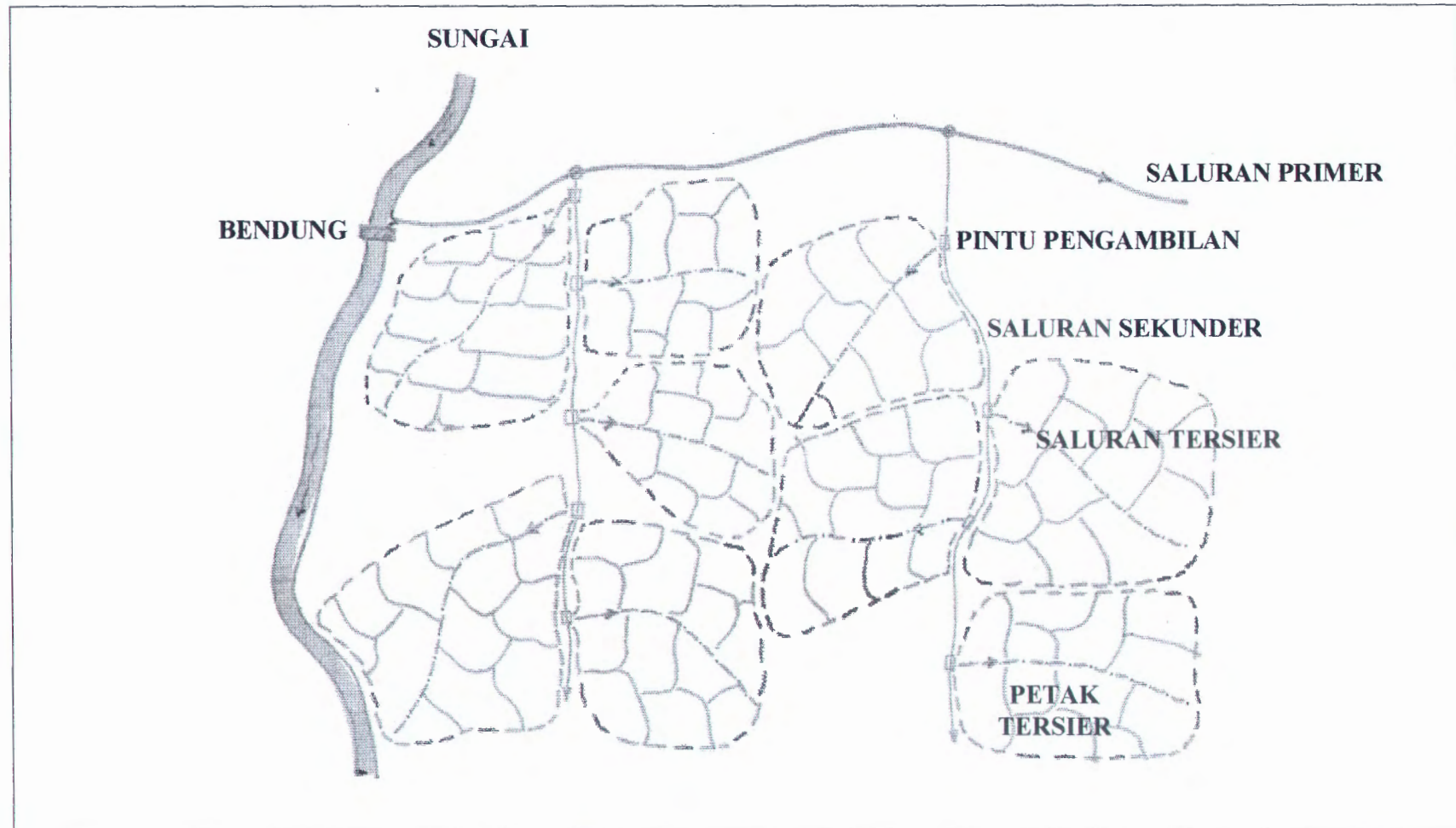
Ciri khas irigasi bangsa Indonesia, tidak terlepas dari sosial budaya yang berkembang di masyarakat, yaitu sistem gotong-royong atau berdasarkan kekeluargaan. Indonesia merupakan negara agraris yang mempunyai iklim tropis

serta curah hujan yang tinggi, sangat cocok sekali untuk mengelola sumber daya air tersebut melalui pembangunan sarana irigasi untuk meningkatkan produksi pertanian dalam arti luas (Suranto dan Supriyono, 1989).

Menurut Hansen, Israelsen dan Stringham (1974) menyatakan bahwa yang dimaksud Daerah Irigasi (D.I), apabila mengandung tiga unsur pengertian, sebagai berikut: (1) areal tanah pertanian yang menerima air dari jaringan irigasi teknis; (2) menerima air irigasi dari satu sumber; dan (3) luas areal dinyatakan dalam satuan hektar (ha). Sedangkan yang dimaksud petak tersier adalah kumpulan sawah yang menerima air irigasi dari saluran induk disatu tempat pengambilan. Luas petak tersier rata-rata antara 100 ha sampai dengan 150 ha.

Jaringan irigasi dapat dibagi menjadi jaringan induk dan jaringan tersier. Yang dimaksud dengan jaringan induk atau utama, menyangkut saluran primer dan sekunder serta bangunan-bangunan irigasi yang terdapat pada saluran induk tersebut. Sedangkan yang dimaksudkan dengan jaringan tersier adalah saluran tersier dan bangunan-bangunan yang terdapat pada saluran tersier (Hansen, Israelsen dan Stringham, 1974). Untuk lebih jelasnya sistem jaringan irigasi pada suatu daerah irigasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada sistem irigasi teknis, air dapat di atur dan dapat diukur secara mantap. Sedangkan pada sistem irigasi setengah teknis, air dapat diatur tetapi tidak dapat diukur secara mantap, dan pada sistem irigasi non teknis atau sederhana, air tidak dapat diatur ataupun diukur secara mantap (Suranto dan Supriyono, 1989). Disamping itu penyaluran dan pembagian air irigasi yang sepenuhnya tergantung pada gaya berat atau gravitasi, disebut sistem irigasi gravitasi. Sedangkan sistem



Gambar 1. Sistem Jaringan Irigasi Teknis

irigasi non gravitasi, yaitu penyaluran dan pembagian air dapat menggunakan pompa, sehingga tidak sepenuhnya tergantung pada gaya gravitasi.

2.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan peristiwa antara evaporasi dari permukaan tanah atau air dan transpirasi dari tumbuh-tumbuhan. Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap, bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara, terjadi pada sungai, danau, laut, waduk dan permukaan tanah. Sedangkan transpirasi adalah peristiwa penguapan dari tanaman, terjadi melalui sel-sel stomata (Sosrodarsono dan Takeda, 1980).

Evapotranspirasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur udara, kelembaban udara relatif, kecepatan angin, tekanan udara, radiasi matahari dan lain-lain yang saling berhubungan. Disamping faktor tersebut, jenis tanaman, pelaksanaan pemberian air, panjangnya musim tanam, hujan, kadar kelembaban tanah untuk tanaman, terlebih pada fase pertumbuhan tanaman, keadaan alami daun-daunan sangat menentukan besarnya nilai evapotranspirasi (Hansen, Israelsen dan Stringham, 1974).

Menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), evapotranspirasi potensial adalah transpirasi suatu tanaman rumput yang tumbuh seragam, sepenuhnya menutup tanah, tumbuh subur dan tidak kekurangan air serta dipangkas setinggi 8-15 cm. Evapotranspirasi potensial (ET_o) disebut juga evapotranspirasi tetapan atau referensi. Data evapotranspirasi dipergunakan sebagai data bagi pendugaan kebutuhan air irigasi, agar ketersediaan air bagi tanaman dapat dipertahankan.

Kebutuhan air bagi tanaman didefinisikan sebagai kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi suatu tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air, kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik pula, sehingga secara potensial tanaman akan berproduksi dengan baik (Doorenbos dan Pruitt, 1977)

Menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), pendugaan evapotranspirasi potensial (ET_o) dapat dihitung dengan berbagai cara sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran langsung dengan panci evaporasi dikalikan dengan koefisien tanaman (*crop coefficient*).
2. Pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan lysimeter.
3. Penggunaan rumus-rumus empiris dengan data klimatologi.

Khusus untuk perhitungan evapotranspirasi dengan metode empiris, dipilih berdasarkan ketersediaan data klimatologi, seperti temperatur, kelembaban udara relatif, radiasi matahari dan kecepatan angin. Sedangkan persamaan yang dikembangkan untuk menduga evapotranspirasi, antara lain : (1) Metode Blaney Criddle; (2) Metode Radiasi; (3) Metode Penman; dan (4) Metode Jensen Haise.

Pendekatan empiris pendugaan evapotranspirasi dengan metode Penman dibandingkan dengan metode-metode yang lain, karena memberikan hasil yang memuaskan sehingga metode Penman sering digunakan. Metode Penman menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan keseimbangan energi (radiasi) dan pendekatan aerodinamika (angin dan kelembaban). Penyesuaian pada persamaan Penman ini sesungguhnya dilakukan untuk menentukan evapotranspirasi tetapan (ET_o), dengan menyertakan pendekatan fungsi kecepatan angin.

Penman telah membuat pendekatan teoritis paling lengkap yang menunjukkan bahwa kebutuhan air adalah hal yang tidak dapat dipisahkan dengan radiasi sinar matahari yang baru masuk. Bentuk persamaan modifikasi Penman ini, dapat dirumuskan sebagai berikut (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

$$ET_o = c[W.R_n + (1 - W).f(u).(e_a - e_d)] \quad (2-1)$$

dimana :

- ET_o = evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- c = faktor koreksi (penyesuaian)
- W = faktor pemberat
- R_n = radiasi bersih / netto (mm/hari)
- f(u) = fungsi kecepatan angin (km/hari) = $0.27 (1 + u/100)$
- e_a-e_d = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air aktual (mbar)

Faktor pemberat W merupakan faktor penyesuaian terhadap pengaruh angin. Faktor ini merupakan fungsi dari suhu dan elevasi. Sedangkan (1-W) adalah faktor pemberat untuk pengaruh kecepatan angin dan kelembaban udara pada ET_o.

Faktor f(u) merupakan fungsi dari kecepatan angin pada ketinggian dua meter dari permukaan tanah dan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$f(u) = 0.27 \left[1 + \frac{u}{100} \right] \quad (2-2)$$

dimana :

- f(u) = fungsi kecepatan angin (km/hari)
- u = kecepatan angin pada ketinggian dua meter (km/hari)

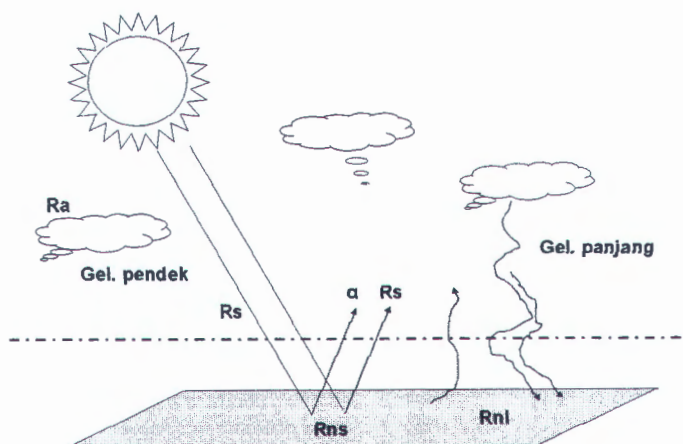
Evapotranspirasi dipengaruhi oleh kelembaban udara. Kelembaban udara ditunjukkan dari perbedaan antara tekanan uap air jenuh rata-rata (e_a) dengan tekanan uap air yang sebenarnya (e_d). Data yang diperlukan dalam menentukan perbedaan tekanan uap air ($e_a - e_d$) ini adalah kelembaban udara relatif rata-rata (R_h rata-rata), dimana tekanan uap air jenuh rata-rata merupakan fungsi dari suhu rata-rata. Tekanan uap air yang sebenarnya dapat dihitung dengan rumus.

$$e_d = e_a \left[\frac{R_{h_{rata-rata}}}{100} \right] \quad (2-3)$$

dimana :

- e_d = tekanan uap air sebenarnya (mbar)
- e_a = tekanan uap air jenuh (mbar)
- $R_{h_{rata-rata}}$ = kelembaban udara relatif rata-rata (%)

Radiasi netto (R_n) adalah perbedaan antara radiasi yang datang dan radiasi yang dipantulkan. Untuk lebih jelasnya radiasi netto ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Neraca Energi (Radiasi)

Pada Gambar 2 tersebut di atas menunjukkan neraca energi (radiasi) yang terjadi dipermukaan bumi. Besarnya energi yang diterima oleh permukaan bumi berupa radiasi netto adalah perbedaan antara besarnya radiasi gelombang pendek yang diterima oleh bumi netto dengan radiasi gelombang panjang yang dipantulkan kembali oleh bumi ke atmosfer, dan ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2-4)$$

dimana :

R_n = radiasi netto (mm/hari)

R_{ns} = radiasi gelombang pendek yang diterima bumi netto (mm/hari)

= $R_s (1 - \alpha)$

R_s = radiasi gelombang pendek yang dipantulkan oleh bumi dan yang tertinggal di atmosfer (mm/hari)

= $(0.25 + 0.50 n/N) R_a$

R_a = radiasi ekstra terestrial (mm/hari)

α = koefisien pantulan, tergantung pada permukaan alami tanah
(untuk air = 5 – 7 % dan untuk tanaman = 15 – 25 %)

n/N = rasio lama penyinaran matahari (%)

R_{nl} = radiasi gelombang panjang yang dipantulkan kembali ke atmosfer netto (mm/hari)

= $f(T).f(ea).f(n/N)$

Faktor koreksi (c) merupakan faktor penyesuaian dari berbagai kondisi lingkungan. Hal ini dilakukan dalam pendugaan ETo dengan metode Penman

terutama akibat pengaruh kondisi lingkungan. Komponen-komponen lingkungan tersebut meliputi : (1) kelembaban udara maksimum; (2) radiasi netto; (3) kecepatan angin pada siang hari; dan (4) perbandingan kecepatan angin pada siang hari dan malam hari.

Menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), evapotranspirasi atau sering disebut juga sebagai kebutuhan air tanaman atau kebutuhan air konsumtif, pada umumnya mencapai puncak pada masa tengah pertumbuhan dan selanjutnya akan menurun kembali menjelang masa panen sesuai dengan koefisien tanaman. Sedangkan yang dimaksud koefisien tanaman (K_c) merupakan perbandingan antara evapotranspirasi suatu tanaman (ET_{crop}) dengan evapotranspirasi tetapan (ET_o).

2.3 Kebutuhan Air Irigasi

Air merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan keberhasilan di bidang pertanian. Fungsi air dalam kehidupan tanaman adalah untuk menjamin kelangsungan proses fisiologis dan biologis pertumbuhannya. Disamping itu air dan unsur hara merupakan dua unsur yang sangat dibutuhkan oleh tanaman, disamping unsur lainnya, seperti sinar matahari, oksigen dan sebagainya. Air dan unsur hara dapat diperoleh tanaman dari dalam tanah pada zone perakaran. Sedangkan air irigasi juga berfungsi untuk memberi kelembaban tanah, mendinginkan tanah dan atmosfer, pencucian garam dalam tanah serta menyuburkan tanah dengan zat hara yang diangkut.

Menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), kebutuhan air irigasi pada suatu areal ditentukan berdasarkan kebutuhan air untuk tanaman, efisiensi irigasi dan pencucian

salinitas. Sedangkan kebutuhan air untuk budidaya tanaman dengan irigasi pada dasarnya dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu :

1. Kebutuhan air untuk tanaman (kebutuhan air konsumtif)
2. Kebutuhan air di lahan (sawah)
3. Kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan.

Secara umum kebutuhan air dipengaruhi oleh faktor iklim, tanah, topografi, jenis dan umur tanaman, cara bercocok tanam dan metode pemberian air.

2.3.1 Kebutuhan Air untuk Tanaman

Kebutuhan air untuk tanaman didefinisikan sebagai tebal air yang dibutuhkan untuk memenuhi jumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi suatu tanaman sehat, tumbuh pada areal luas, pada tanah yang menjamin cukup lengas tanah, kesuburan tanah dan lingkungan hidup tanaman cukup baik sehingga secara potensial tanaman akan berproduksi dengan baik (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

Kebutuhan air tanaman disebut juga kebutuhan air konsumtif, yaitu jumlah air yang habis dipakai untuk pertumbuhan tanaman yang besarnya diperkirakan dengan mengalikan koefisien tanaman dengan evapotranspirasi potensial. Sedangkan Doorenbos dan Pruitt (1977) merumuskan, kebutuhan air untuk tanaman dengan persamaan sebagai berikut.

$$ET_{\text{crop}} = K_c \cdot ET_o \quad (2-5)$$

dimana : ET_{crop} = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

K_c = koefisien tanaman

ET_o = evapotranspirasi tetapan (mm/hari)

Faktor koefisien tanaman (K_c) yang dipergunakan dalam perencanaan dan pengendalian alokasi debit pada sistem irigasi teknis adalah faktor K_c untuk tanaman padi, palawija (jagung, kedelai, kacang tanah), dan tebu. Faktor koefisien tanaman secara rinci ditunjukkan pada Tabel 1.

2.3.2 Kebutuhan Air di Sawah

Perhitungan kebutuhan air di sawah (lahan) ini dibedakan menjadi dua, yaitu untuk tanaman padi dan palawija atau tebu. Sedangkan kebutuhan total air di sawah atau *Gross Field Water Requirement* (GFR) adalah kebutuhan air total di sawah dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengolahan sawah, penggunaan konsumtif, perkolasi dan pengambilan lapisan air (Anonim 2, 1986).

Dalam perencanaan dan pengendalian sistem irigasi teknis, perhitungan kebutuhan air irigasi merupakan kegiatan yang memerlukan ketelitian tersendiri. Kebutuhan air di sawah untuk tanaman padi ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut (Anonim 1, 1986).

1. Penyiapan lahan (*land preparation*)
2. Penggunaan konsumtif (*consumptive use*)
3. Perkolasi dan rembesan (*percolation and seepage*)
4. Pergantian lapisan air (*water layer replacement*)



Kebutuhan bersih air di sawah atau *Net Field Water Requirement* (NFR) adalah satuan kebutuhan bersih air di sawah, dalam hal ini merupakan air yang dibutuhkan tanaman pada kondisi pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air. Dalam perhitungannya kebutuhan bersih air di sawah ini sudah diperhitungkan

Tabel 1. Koefisien Tanaman (Kc) untuk Tanaman Padi dan Palawija

Jenis Tanaman	Umur (hari)	Bulan I			Bulan II			Bulan III			Bulan IV				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Padi :															
a. Prosida															
o Varietas biasa	120	1.20	1.20	1.20	1.32	1.36	1.40	1.35	1.30	1.24	1.12	0.56	0.00		
o Varietas unggul	90	1.20	1.23	1.27	1.33	1.32	1.30	1.30	0.65	0.00					
b. FAO															
o Varietas biasa	120	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.05	1.00	0.95	0.50	0.00		
o Varietas unggul	90	1.10	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	0.50	0.00					
Palawija															
a. Jagung	80	0.50	0.65	0.75	1.00	1.00	1.00	0.82	0.45						
b. Kedelai	85	0.50	0.55	0.59	0.96	1.00	1.05	1.02	1.00	0.95					
c. Kacang tanah	130	0.50	0.51	0.51	0.66	0.75	0.85	0.95	0.95	0.95	0.95	0.75	0.55	0.55	
d. Bawang	70	0.50	0.51	0.51	0.69	0.80	0.90	0.95							
e. Buncis	75	0.50	0.57	0.64	0.89	0.93	0.95	0.88	0.88						

Catatan : 1. Harga koefisien untuk tanaman padi, akan dipakai dengan rumus ETo metode Penman

2. Jika diterapkan dengan metode ETo dari Prosida, ke tanaman palawija, bawang, buncis harus dikalikan 1.15

Sumber : Anonim, (1986)

faktor curah hujan efektif, dan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Anonim 2, 1986)

$$NFR_{padi} = ET_{crop} + P + WLR - Re_{padi} \quad (2-6)$$

dimana :

NFR_{padi} = kebutuhan bersih air di sawah untuk padi (mm/hari)

ET_{crop} = kebutuhan air tanaman (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

WLR = kebutuhan air untuk pergantian lapisan air (mm/hari)

Re_{padi} = curah hujan efektif untuk padi (mm/hari)

Sedangkan kebutuhan bersih air di sawah (NFR) untuk tanaman palawija dan tanaman tebu, dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Anonim 2, 1986)

$$NFR_{plw} = ET_{crop} - Re_{plw} \quad (2-7)$$

$$NFR_{tebu} = ET_{crop} - Re_{tebu} \quad (2-8)$$

dimana :

NFR_{plw} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman palawija (mm/hari)

NFR_{tebu} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman tebu (mm/hari)

ET_{crop} = kebutuhan air tanaman (mm/hari)

Re_{plw} = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hari)

Re_{tebu} = curah hujan efektif untuk tebu (mm/hari)

Komponen-komponen yang dipakai dalam perhitungan kebutuhan bersih air di sawah (NFR), meliputi : (1) kebutuhan air untuk penyiapan lahan; (2) perkolasi; (3) pergantian lapisan air; dan (4) curah hujan efektif.

a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dapat ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah di sawah. Kegiatan pengolahan tanah merupakan tahap mempersiapkan lahan (*land preparation*), agar siap untuk ditanami tanaman. Pengolahan tanah yang dimaksud meliputi pelumpuran sawah, tindakan menghaluskan struktur tanah untuk mereduksi porositas dan kelulusan dengan cara pembajakan sawah.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi. Sedangkan faktor-faktor penting yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah, dan jumlah air yang diperlukan untuk pengolahan tanah (Anonim 1, 1986).

Kondisi sosial budaya yang ada di daerah penanaman padi akan mempengaruhi lamanya waktu yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Sebagai pedoman diambil jangka waktu 40 hari untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier. Jika penyiapan lahan direncanakan dengan peralatan mesin, misalnya traktor maka jangka waktu penyiapan lahan diambil 30 hari.

b. Perkolasi

Perkolasi adalah suatu proses masuknya air ke dalam tanah melalui infiltrasi, yang akan menyebabkan meningkatkan kadar air pada kondisi kapasitas lapang. Setelah mencapai kondisi kapasitas lapang maka air akan mengalami perkolasi ke

lapisan tanah dibawahnya. Air yang masuk ke dalam tanah ini mengalami pergerakan ke arah horizontal dan vertikal. Proses gerakan air kelapisan bawah tanah secara vertikal ini disebut perkolasi, sedangkan ke arah horizontal atau samping disebut rembesan. Dalam kenyataannya kedua proses tersebut dikenal dengan istilah perkolasi (Sosrodarsono dan Takeda, 1980).

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Pada tanah liat berat dengan karakteristik pengelolaan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 – 3 mm/hari. Pada tanah yang ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Beberapa faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya laju perkolasi, yaitu tekstur tanah, permeabilitas, tebal lapisan tanah atas dan letak muka air tanah (Anonim 1, 1986).

c. Pergantian lapisan air

Pergantian lapisan air atau *water layer replacement* (WLR) pada dasarnya merupakan proses yang diperlukan guna mengurangi efek reduksi pada tanah dan pertumbuhan tanaman.

Setelah pemupukan diusahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan dilakukan pergantian air sebanyak dua kali (masing-masing 50 mm atau 5 mm/hari setiap 10 hari) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi, dan masing-masing WLR dibuat bertahap (Anonim 1, 1986).

d. Curah hujan efektif

Curah hujan merupakan air yang jatuh di atas permukaan bumi. Hal ini terjadi karena penguapan air, baik dari dataran maupun permukaan laut, kemudian naik ke atmosfer. Setelah adanya proses kondensasi uap air di udara, lalu

terbentuklah butir-butir hujan yang akhirnya jatuh sebagian di atas laut dan sebagian lagi di atas permukaan tanah.

Pada hakekatnya curah hujan yang jatuh di atas permukaan tanah tidak selalu semuanya dapat dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman, misalnya ada sebagian curah hujan yang tertahan tanaman atau bangunan dan hilang karena menguap lagi ke atmosfer.

Curah hujan efektif (R_e) adalah curah hujan yang secara efektif berguna untuk memenuhi kebutuhan air untuk tanaman, tidak termasuk air yang mengalami proses perkolasi dan aliran permukaan (Doorenbos dan Pruitt, 1977)

Curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil sebesar setengah dari 70 % curah hujan rata-rata sepuluh harian yang terlampaui ($R_{80\%}$) dari waktu dalam periode tersebut. Secara matematika dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Anonim 1, 1986).

$$Re_{padi} = \frac{1}{2} \left[\frac{0.70 \times R_{80\%}}{10} \right] \quad (2-9)$$

dimana :

Re_{padi} = curah hujan efektif padi sawah (mm/hari)

$R_{80\%}$ = curah hujan andalan dengan peluang 80 % berhasil, dalam periode tertentu (mm)

Curah hujan efektif untuk tanaman palawija, dihitung dengan menggunakan metode *United States Development of Agriculture - Soil Conservation Service* (USDA-SCS). Perhitungan curah hujan efektif rata-rata bulanan dengan menggunakan metode USDA-SCS ini didasarkan atas hubungan antara besarnya

ETo bulanan dengan besarnya curah hujan bulanan serta kedalaman tampungan efektif air dalam tanah waktu irigasi. Menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), pedoman perhitungan curah hujan efektif rata-rata bulanan untuk tanaman palawija dengan metode USDA-SCS dapat dilihat pada Tabel 2.

2.3.3 Kebutuhan Air di Pintu Pengambilan

Penentuan kebutuhan air di pintu pengambilan dapat dilakukan dengan menentukan air irigasi di petak tersier secara keseluruhan dalam daerah irigasi, atau dengan perkataan lain kebutuhan air irigasi dapat dicari dari penentuan debit di pintu tersier, pintu sekunder serta penentuan debit di pintu primer atau bendung (Suranto dan Supriyono, 1989).

Kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan (*intake*) atau *Diversion Requirement* (DR) didefinisikan sebagai kebutuhan bersih air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasi, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Anonim 2, 1986).

$$DR_{padi} = \frac{NFR_{padi}}{(Ef \times 8,64)} \quad (2-10)$$

$$DR_{plw} = \frac{NFR_{plw}}{(Ef \times 8,64)} \quad (2-11)$$

$$DR_{total} = DR_{padi} + DR_{plw} \quad (2-12)$$

dimana :

DR_{padi} = kebutuhan pengambilan untuk tanaman padi (liter/det/ha)

DR_{plw} = kebutuhan pengambilan untuk tanaman palawija (liter/det/ha)

NFR_{padi} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman padi (mm/hari)

Tabel 2. Pedoman Curah Hujan Efektif Rata-rata Bulanan dengan Metode USDA-SCS untuk Tanaman Palawija

Curah Hujan Bulanan	Rata-Rata (mm)	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
ETo Rata-2 Bulanan (mm)		Curah Hujan Efektif Rata-rata Bulanan (mm)															
	25	8	16	24	31	37	43	48	52								
	50	8	17	26	32	39	46	52	57	64							
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	22	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	23	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	24	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Apabila kedalaman bersih air yang dapat ditampung dalam tanah pada waktu irigasi lebih besar atau lebih kecil dari 75 mm, maka harga koreksi yang akan dipakai adalah :

Tampungan efektif	20	25	37.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
Faktor Tampungan	0.73	0.77	0.86	0.93	0.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.80

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

NFR_{plw} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman palawija (mm/hari)

Ef = efisiensi jaringan irigasi total (%)

2.4 Efisiensi Irigasi

Di dunia dimana air merupakan sumber yang berharga, tidak seorangpun mempunyai hak untuk menyia-nyiakan air yang dibutuhkan oleh orang lain. Penggunaan air irigasi yang efisien adalah merupakan kewajiban bagi setiap pemakai. Di daerah dimana air merupakan barang yang langka dan mahal, air yang tersedia pada umumnya dipergunakan dengan hati-hati. Sebaliknya, di daerah yang airnya berlimpah, nilai air tersebut lebih rendah dan kecenderungannya menyia-nyiakan air. Efisiensi dipengaruhi biaya dan kualitas tenaga, kemudahan penanganan air, tanaman yang sedang diberi air irigasi, dan karakteristik tanah (Hansen, Israelsen dan Stringham, 1974).

Konsep efisiensi irigasi adalah untuk menunjukkan dimana peningkatan dapat dilakukan yang akan menghasilkan pemberian air irigasi lebih efisien. Pengendalian dalam pemberian air irigasi yang memadai membutuhkan bahwa metode yang ada untuk mengevaluasi pelaksanaan pemberian air irigasi pada saat air meninggalkan titik pengambilan sampai air tersebut digunakan oleh tumbuh-tumbuhan (Hansen, Israelsen dan Stringham, 1974).

Akibat dari kehilangan air selama diperjalanan, debit air irigasi yang sampai di sawah menjadi berkurang. Untuk keperluan perencanaan diasumsikan bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Kegiatan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi, kebocoran, rembesan dan lain-lain.

Pada umumnya kehilangan air di jaringan irigasi dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok, yaitu (Anonim 1, 1986) :

1. Kehilangan di tingkat primer (saluran induk) berkisar antara 7,5 – 12,5 %
2. Kehilangan di tingkat sekunder (saluran sekunder) berkisar antara 10 - 15 %
3. Kehilangan di tingkat tersier (antara bangunan sadap tersier sampai sawah) berkisar antara 15 – 25 %

Agar air yang sampai ke tanaman tepat jumlahnya, maka air yang diambil pada pintu pengambilan harus lebih besar dari kebutuhannya, untuk itu harus dibagi dengan faktor efisiensi irigasi, yaitu perbandingan antara jumlah debit air irigasi yang dikeluarkan dari pintu pengambilan dan dinyatakan dalam prosentase (%). Efisiensi secara keseluruhan (total) adalah efisiensi tersier dikalikan efisiensi sekunder dikalikan efisiensi primer, yang berkisar antara 55,8 – 70,1 %. Klasifikasi efisiensi irigasi secara lengkap disajikan pada Tabel 3.

2.5 Analisa Debit Andalan

Analisa frekuensi debit dan atau hujan adalah analisa kejadian-kejadian hujan secara statistik dari data hujan yang tersedia. Rata-rata interval waktu antara kejadian hujan sama besar, disebut masa ulang atau periode ulang (*return period*). Misalnya masa ulang kejadian $T_r = 10$ tahun, maka kejadian hujan yang sama tidak harus setiap 10 tahun, tetapi rata-rata satu kali dalam 10 tahun (10 kali dalam 100 tahun atau 25 kali dalam 250 tahun). Kalau kejadiannya yang berulang rata-rata dalam (t) tahun ($T_r = T$), dan probabilitas atau peluang kejadian = P , maka $P = 1/T$ (Wilson, 1989).

Tabel 3. Klasifikasi Efisiensi Irigasi (%)

No	Efisiensi Irigasi	PU	ICID	USDA	SCS
1	Efisiensi Jaringan Irigasi				
	a. Jaringan utama				
	o Saluran primer	90			
	o Saluran sekunder	90			
	b. Jaringan tersier	80			
	c. Keseluruhan	65			
2	Efisiensi Pembawa				
	a. Pemberian air secara kontinyu		90		
	b. Pemberian air secara rotasi : areal 3000-7000 ha dan 70-300 ha dengan pengetahuan yang efektif		80		
	c. Pembrian air untuk areal > 10.000 ha dan < 1000 ha dengan kendala masa- lah sistem komunikasi & manajemen yang kurang efektif				
	o Jadwal yang direncanakan		70		
	o Kebutuhan air sudah ditetapkan		65		
3	Efisiensi Penyaluran di Lapang				
	a. Blok areal > 20 ha				
	o Tanpa pasangan		80		
	o Pasangan atau pipa		90		
	b. Blok areal 0 – 20 ha				
	o Tanpa pasangan		70		
	o Pasangan atau pipa		80		
4	Efisiensi Distribusi				
	a. Pemberian air secara rotasi dengan pengaturan dan komunikasi :				
	o Memakai		65		
	o Cukup		55		

No	Efisiensi Irigasi	PU	ICID	USDA	SCS
	○ Kurang dari cukup		40		
	○ Sangat kurang		30		
5	Efisiensi Penggunaan di Lapang				
	a. Metode irigasi permukaan				
	○ Tanah ringan			55	
	○ Tanah sedang			70	
	○ Tanah berat			80	
	b. Petak berjenjang		53		60-75
	c. Pengolahan pada petak		58		60-80
	d. Parit kontur		57		50-55
	e. Metode irigasi alur				55-70
	f. Irigasi bawah permukaan				50-70
	g. Irigasi curah				
	○ Iklim kering dan panas		60		70
	○ Iklim sedang		67		80
6	Padi		32		

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Analisa frekuensi debit dan hujan biasanya memperkirakan besarnya debit atau hujan maksimum dan distribusi probabilitasnya dengan masa ulang yang panjang, dengan jalan mengekstrapolasi lengkung frekuensi atau lengkung probabilitasnya. Sehubungan dengan itu para ahli telah menyusun rumus-rumus pendekatan untuk distribusi probabilitasnya, antara lain : Gauss, Poisson, Pearson, Weibull, Gamma, Gambel dan lain-lain (Wilson, 1989).

Analisa frekuensi digunakan pula untuk peramalan (*forecasting*) dalam arti menentukan probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa bagi tujuan perencanaan

dimasa datang. Atau ramalan waktu yang menunjukan besarnya suatu peristiwa hidrologis (hujan, banjir dan sebagainya) dalam waktu dekat.

Untuk memperoleh besarnya debit air yang dapat tersedia untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sepanjang tahun, dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan, maka diperlukan perhitungan debit andalan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode sepuluh harian. Debit andalan untuk satu bulan adalah debit dengan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi 20 % dari waktu bulan tersebut (Wilson, 1989).

Teori peluang membahas tentang ukuran atau derajat ketidakpastian dari suatu kejadian. Kebenaran dari suatu kesimpulan yang dibuat dari analisis data hidrologi, sebetulnya tidak dapat dipastikan benar secara absolut, karena kesimpulan analisis hidrologi umumnya dibuat berdasarkan data sampel dari populasi. Oleh karena itu, aplikasi teori peluang sangat diperlukan dalam analisis hidrologi (Sosrodarsono dan Takeda, 1980).

Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun data seri dengan urutan dari kecil ke besar. Mencakup (n) tahun sehingga nomor tingkatan (m) debit dengan kemungkinan tidak terpenuhi 20 % dapat dihitung dengan rumus, sebagai berikut (Anonim 2, 1986).

$$m = 0.20 \times n \quad (2-13)$$

dimana : m = nomor urutan tingkatan debit, kemungkinan tak terpenuhi 20 %

n = jumlah pengamatan debit (data debit yang tersedia).

Dalam perencanaan pemanfaatan sumber daya air sebagai debit inflow, peranan analisis hidrologi sangat dipengaruhi oleh data hidrologi tersebut. Data

hidrologi yang diperlukan haruslah memenuhi syarat dari segi kuantitas data, sehingga diharapkan kesimpulan yang diambil tersebut dapat mencapai tingkat keakuratan yang tinggi.

Data variabel hidrologi yang telah dihitung peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambarkan pada kertas grafik peluang, secara umum akan membentuk persamaan garis lurus, sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1980).

$$X = \bar{X} + kS \quad (2-14)$$

dimana :

X = prediksi nilai yang diharapkan terjadi dengan peluang tertentu
atau periode tertentu

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

S = standar deviasi

k = faktor frekuensi, merupakan fungsi peluang atau periode ulang

2.6 Model Optimasi

Model optimasi dapat didefinisikan sebagai penyusunan suatu *model sistem* sesuai dengan keadaan yang nyata, sehingga nantinya dapat dirubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen-elemen produk, agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan tujuan pengambilan keputusan dapat dicapai (Anwar, 1996)

Suatu sistem terdiri atas elemen-elemen yang saling tergantung satu sama lain dan bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu. Proses bekerjanya sangat kompleks sehingga untuk melihat hubungan kerja dalam keadaan sebenarnya perlu disederhanakan dengan jalan merangkum ke dalam bentuk model (Gasperz, 1992).

Menurut Murthy (1990) memberikan definisi model yang mengacu pada konsep sistem, yaitu sebuah model adalah representasi dari suatu sistem. Dengan perkataan lain, sebuah model harus mewakili sistem nyatanya, dan merupakan simplifikasi dari kompleksnya sistem. Simatupang (1995) juga menyebutkan bahwa sebuah model yang baik cukup hanya mengandung bagian-bagian yang penting saja. Lebih lanjut dijelaskan oleh Murthy (1990), bahwa sebuah model disebut memadai (*adequate model*) bila dapat digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Model yang telah teruji validitasnya, dapat dipakai untuk pemecahan masalah yang cocok dengan masalah yang sedang dihadapi. Tetapi disisi lain, kompleksitas masalah tidak selalu sama dengan model yang sudah ada. Gasperz (1992), menyatakan terdapat dua aspek dari model, yaitu :

1. Representasi yang merupakan pemetaan dari karakteristik sistem konkret yang akan dipelajari.
2. Abstraksi, merupakan transformasi karakteristik sistem konkret ke dalam konsep-konsep, transformasi sistem konkret biasanya menggunakan model matematika.

Gasperz (1992) menyebutkan bahwa model dapat diklasifikasikan berdasarkan 8 kriteria, yaitu :

1. Berdasarkan fungsi : model diskriptif, model prediktif, model normatif.
2. Berdasarkan struktur (morfologi) : model ikoik, model analog, model simbolik.
3. Berdasarkan dimensi (ukuran) : model dimensi, multi dimensi.
4. Berdasarkan aspek waktu : model statistik, model dinamik.
5. Berdasarkan aspek informasi : model deterministik, model probabilistik, model tidak pasti.

6. Berdasarkan tingkat generalisasi : model khusus, model umum
7. Berdasarkan derajat keterbukaan : model terbuka, model tertutup
8. Berdasarkan derajat kuantifikasi : model verbal, model kuantitatif.

Menurut Simatupang (1995), model dapat digunakan untuk menggambarkan sekumpulan pemikiran-pemikiran, mengadakan evaluasi dan untuk memprediksi kemampuan sistem, sehingga diperoleh perancangan terbaik, tanpa membutuhkan konstruksi seluruh kenyataan alamiahnya. Secara lebih rinci, menyebutkan kegunaan model terhadap fenomena yang diselidiki, sebagai berikut :

- memberikan gambaran (*discription*)
- memberikan penjelasan (*explanation*), dan
- memberikan ramalan (*prediction*)

Agar model yang sudah dibuat bermanfaat sesuai dengan yang diinginkan pemodel, maka model tersebut harus memiliki empat karakteristik sebagai berikut :

(1). Mempunyai tingkat generalisasi yang tinggi

Semakin tinggi tingkat generalisasi suatu model maka semakin baik, model itu semakin besar kemampuannya untuk memecahkan masalah.

(2). Mempunyai mekanisme yang transparan

Suatu model yang baik adalah model yang mampu menjelaskan kembali mekanisme pemecahan masalah yang dilakukan tanpa ada yang disembunyikan. Misalnya jika ada suatu formula, maka formula itu harus dapat diterangkan kembali dari mana asalnya.

(3). Memiliki potensi untuk dikembangkan

Model yang baik harus mampu menarik minat peneliti lain untuk melanjutkan penyelidikannya. Model itu juga membuka kemungkinan penyelidikan

lainnya untuk dapat mengembangkannya menjadi model yang lebih kompleks dan berdaya guna untuk menjawab masalah sistem nyata.

(4). Mempunyai kepekaan terhadap perubahan asumsi

Model yang baik selalu memberi celah kepada penyelidik lainnya untuk membangkitkan asumsi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemodelan tak pernah berakhir.

Menurut Gasperz (1992), secara garis besar model dapat dibangun melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Definisi masalah
2. Formulasi model awal
3. Validasi model
4. Reformasi model (formulasikan kembali bila model dipandang kurang tepat)
5. Aplikasi model

Model yang dibentuk dapat merupakan pendekatan riset optimasi karena solusinya tergantung pada ketepatan model yang dibuat. Riset operasi adalah penggunaan pendekatan ilmiah dalam pengambilan keputusan yang bertujuan menentukan penggunaan teknik yang terbaik dari sumberdaya yang terbatas. Teknik-teknik riset operasi antara lain : teori antrian, teori permainan, simulasi, program linier, program dinamik, teori persediaan dan net work planning (Taha, 1996).

Suatu model yang baik mempunyai ciri-ciri dalam tiga hal, yaitu kesesuaian, kesederhanaan dan keserasian. Kesesuaian yaitu model harus mampu merangkum unsur-unsur yang sangat pokok dari persoalan yang dihadapi. Kesederhanaan yaitu model harus dibuat sesederhana mungkin sesuai dengan kemampuan yang ada dan

sesuai dengan urgensi permasalahan. Keserasian artinya model tersebut harus mampu mengesampingkan hal-hal yang kurang berguna.

Metode-metode untuk keperluan analisa optimasi telah didasari dengan adanya fungsi tujuan dan fungsi kendala. Prosedur optimasi mempunyai ekspresi matematis yang menggambarkan sistem dan responnya, dan terhadap sistem akan memberikan masukan untuk parameter-parameter yang ada. Ekspresi matematis adalah kendala pada model optimasi. Selanjutnya, kendala digunakan untuk memberikan batasan-batasan peubah rancangan. Sedangkan penampilannya dievaluasi melalui sebuah fungsi tujuan yang kemungkinan dapat berupa minimisasi biaya atau maksimisasi keuntungan.

Optimasi merupakan suatu proses untuk memilih atau mencari nilai-nilai variabel, agar didapatkan nilai optimum dari fungsi tujuan serta dapat memenuhi sumberdaya, maka hal ini berarti mengubah berbagai materi baku sebagai input menjadi tujuan yang bermanfaat sebagai output (Hiller dan Lieberman, 1995).

Pada analisa sistem, model matematis adalah unsur yang penting dari proses pengambilan keputusan. Model matematis adalah pernyataan yang eksak dan eksplisit dari suatu tujuan untuk dicapai. Dalam hal tersebut terdapat seperangkat kondisi-kondisi kendala finansial, fisik dan institusional yang harus dipenuhi. Solusi dari suatu persoalan disebut solusi optimum, adalah pernyataan bagaimana suatu sumberdaya dapat digunakan dengan sangat efisien dan efektif.

Masalah optimasi merupakan penentuan maksimum atau minimum dari sejumlah peubah dengan suatu fungsi sasaran dan fungsi kendala. Jadi perumusan matematis dalam analisa optimasi terdiri dari fungsi tujuan (obyektif) dan fungsi kendala. Fungsi tujuan merupakan rumusan dari tujuan pokok yaitu hubungan

antara peubah-peubah yang akan dioptimalkan. Sedangkan fungsi kendala merupakan persamaan-persamaan yang membatasi tujuan pokok (Anwar, 1996)

2.7 Program Linier

Program linier (Linear Programming) adalah salah satu teknik analisis dan kelompok teknik riset operasional yang memakai model matematis. Tujuannya adalah untuk mencari, memilih dan menentukan alternatif terbaik dari beberapa alternatif layak yang tersedia. Pengertian program linier juga mencakup perencanaan kegiatan-kegiatan untuk mencapai suatu hasil yang optimal, yaitu suatu hasil yang mencerminkan tercapainya sasaran tertentu yang paling baik (menurut model matematis) di antara alternatif yang mungkin dengan menggunakan fungsi linier.

Menurut Taha (1996) program linier adalah suatu cara untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan. Persoalan pemrograman linier adalah persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sedemikian rupa sehingga nilai fungsi tujuan atau obyektif yang linier menjadi optimum (maksimum / minimum) dengan memperhatikan pembatas-pembatas yang ada, yaitu pembatas mengenai inputnya. Pembatasan-pembatasan inipun harus dinyatakan dalam ketidaksamaan yang linier (*linear inequalities*), biasanya menggunakan prosedur perumusan model matematika.

Karakteristik program linier ini dapat dipakai apabila terdapat hubungan linier antara variabel-variabel yang dioptimalkan baik fungsi tujuan maupun persamaan kendala. Keuntungan program linier adalah kemudahan untuk



menyelesaikan permasalahan optimasi yang berdimensi besar dengan kenyataan linierisasi fungsinya.

Hiller dan Lieberman (1995) mengatakan dalam pemrograman linier terdapat empat unsur, yaitu :

1. Variabel keputusan, yaitu variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan yang akan dibuat.
2. Fungsi tujuan, merupakan variabel keputusan yang akan dioptimalkan
3. Pembatas, merupakan kendala yang dihadapi sehingga tidak bias menentukan nilai variabel secara sembarang.
4. Pembatas tanda, yaitu pembatas yang menjelaskan apakah variabel keputusan diasumsikan hanya berharga non negatif atau variabel keputusan tersebut boleh negatif.

Suatu penyelesaian optimal merupakan penyelesaian yang mungkin memiliki nilai yang paling menguntungkan dari fungsi tujuan. Menurut Hiller dan Lieberman (1995), dalam program linier terdapat empat asumsi dasar, sebagai berikut.

1. *Proporsionalitas*, (kesebandingan), asumsi ini berarti kontribusi mengenai kegiatan individual yang dipertimbangkan secara independen dari lainnya, adalah sebanding dengan nilai variabelnya.
2. *Additivitas* (penambahan), adalah pengaruh melaksanakan kegiatan-kegiatan secara bersamaan. Hal ini menyatakan bahwa setiap fungsi, nilai fungsi totalnya dapat diperoleh dengan menjumlahkan kontribusi-kontribusi individual dari masing-masing kegiatan.

3. *Divisibilitas* (pembagian), adalah bahwa unit-unit kegiatan dapat dibagi ke dalam bagian sekecil-kecilnya, sehingga nilai-nilai non integer bagi variabel-variabel keputusan adalah mungkin.
4. *Certainly* (kepastian), yaitu semua parameter model nilai (a_{ij} , b_i , c_j) merupakan konstanta-konstanta yang diketahui.

Menurut Hiller dan Lieberman (1995) model program linier merupakan model matematis perumusan masalah umum pengalokasian sumberdaya untuk berbagai aktivitas. Untuk memudahkan pembahasan model program linier dalam merumuskan bentuk standar digunakan simbol-simbol sebagai berikut.

- Z = nilai yang dioptimalkan (maksimisasi atau minimisasi)
- C_j = kenaikan nilai Z apabila terdapat pertambahan tingkat aktivitas (X_j) dengan satu satuan atau merupakan sumbangan setiap satuan output aktivitas j terhadap nilai Z .
- a_{ij} = banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran atau output aktivitas j ($i = 1, 2, \dots, m$; dan $j = 1, 2, \dots, n$)
- b_i = banyaknya sumber (fasilitas) i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit aktivitas ($i = 1, 2, \dots, m$)
- i = indeks setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia ($i = 1, 2, \dots, m$)
- j = indeks setiap macam aktivitas yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia ($j = 1, 2, \dots, n$)
- m = macam batasan-batasan sumber atau fasilitas yang ada.
- n = macam aktivitas yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut

Formulasi model matematika dari persoalan pemrograman linier menurut Hiller dan Lieberman (1995) adalah sebagai berikut.

$$\text{Fungsi Tujuan : } \text{Maks } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (2-15)$$

Berdasarkan pembatas :

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$\text{Dimana : } X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots X_n \geq 0$$

Terminologi umum untuk model program linier dapat diringkas sebagai berikut.

1. Fungsi yang akan dimaksimumkan adalah $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$ disebut fungsi tujuan (*objective function*)
2. Fungsi batasan dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu :
 - a. Fungsi batasan fungsional adalah fungsi batasan sebanyak m, yaitu :

$$(a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n)$$
 - b. Fungsi batasan non negatif, yaitu fungsi yang dinyatakan dengan $X_i \geq 0$
3. Variabel X_j disebut variabel keputusan (*decision variable*)
4. Konstanta a_{ij} , b_i dan C_j adalah input konstan disebut sebagai parameter model.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

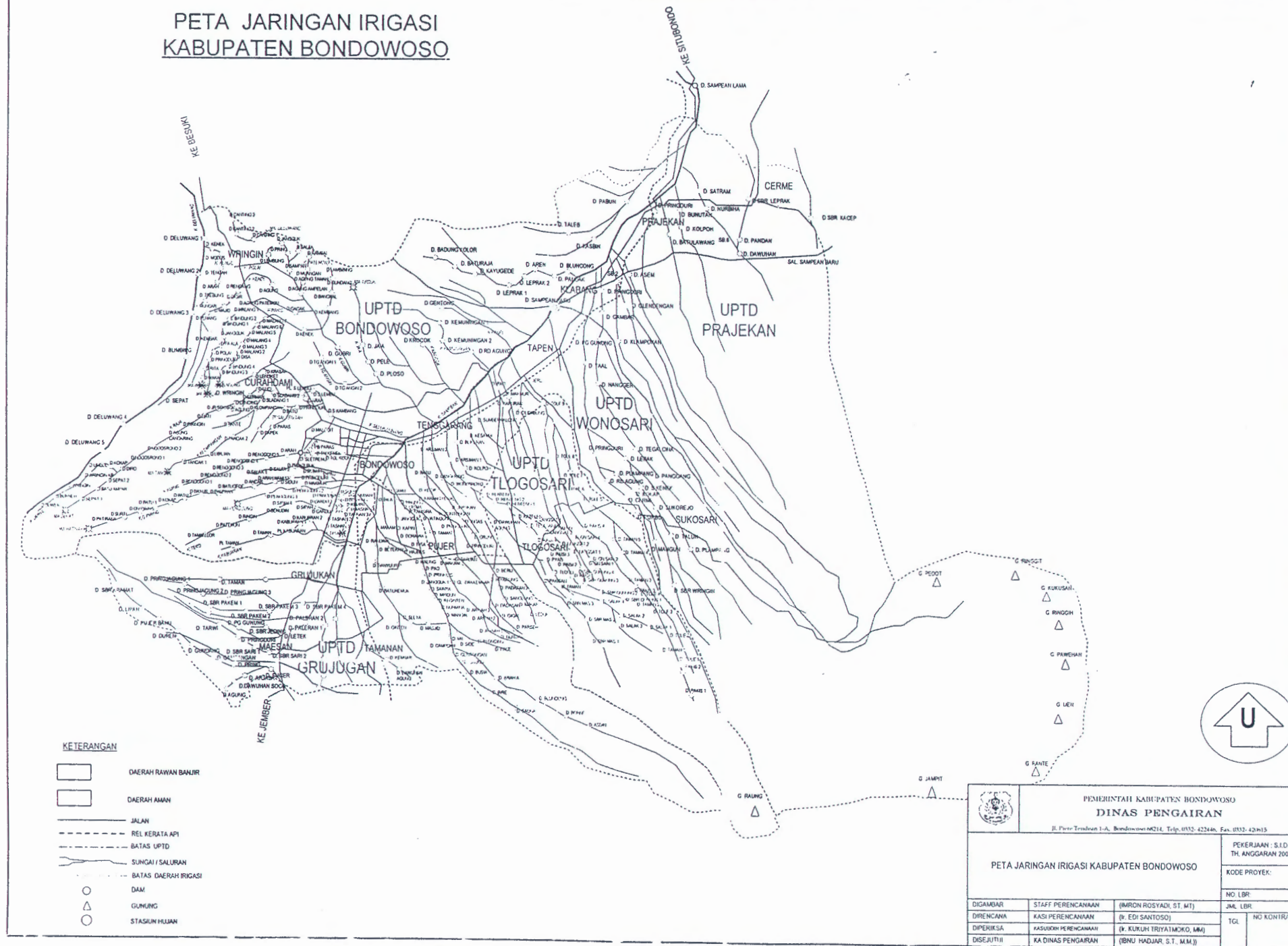
Studi kasus dalam perencanaan dan pengendalian alokasi debit pada sistem irigasi teknis dengan program linier ini dilaksanakan pada Daerah Irigasi Wonosroyo Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso Propinsi Jawa Timur. Peta lokasi jaringan irigasi Kabupaten Bondowoso seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Jaringan irigasi Daerah Irigasi Wonosroyo dikelola dibawah tanggung jawab UPTD Wonosari, skema sistem irigasi pada Daerah Irigasi Wonosroyo dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan baku sawah setiap daerah irigasi, disajikan pada Lampiran 1. Waktu penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada bulan April 2006.

3.2 Tahapan Studi

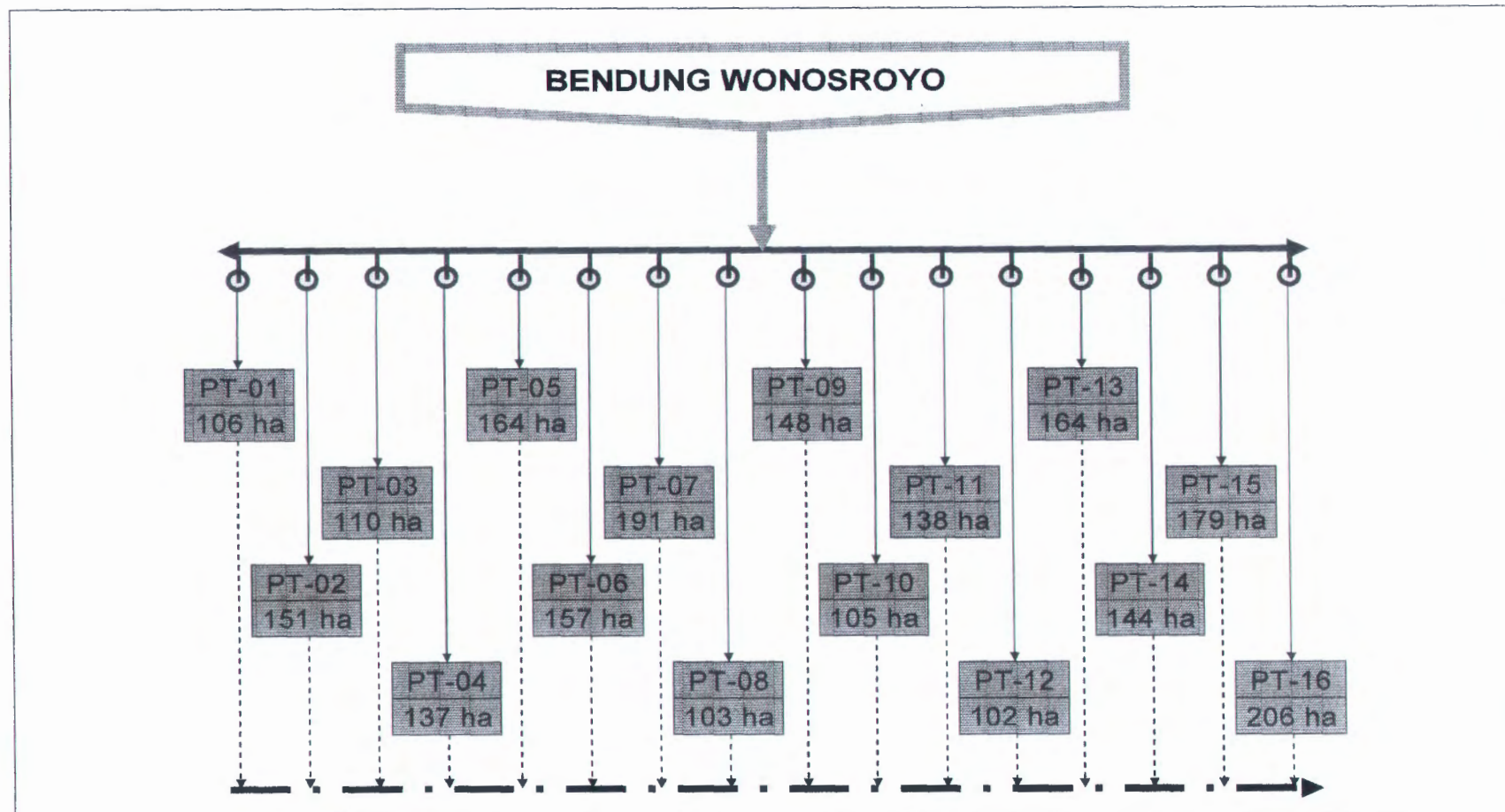
Dalam upaya menyelesaikan permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini diperlukan suatu kerangka kerja yang terstruktur dan sistematis. Metodologi penelitian merupakan suatu proses yang terdiri dari tahap-tahap yang saling terkait satu sama lainnya atau dalam artian hasil dari suatu tahap akan menjadi masukan bagi tahap berikutnya.

Analisa ini akan dilaksanakan dalam tiga tahap, yang meliputi tahap studi pendahuluan, tahap analisa dan tahap evaluasi, sehingga permasalahan yang ada dapat dipecahkan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Gambaran umum mengenai urutan langkah pengerjaan dalam metodologi penelitian disajikan pada bagan alir seperti Gambar 5.

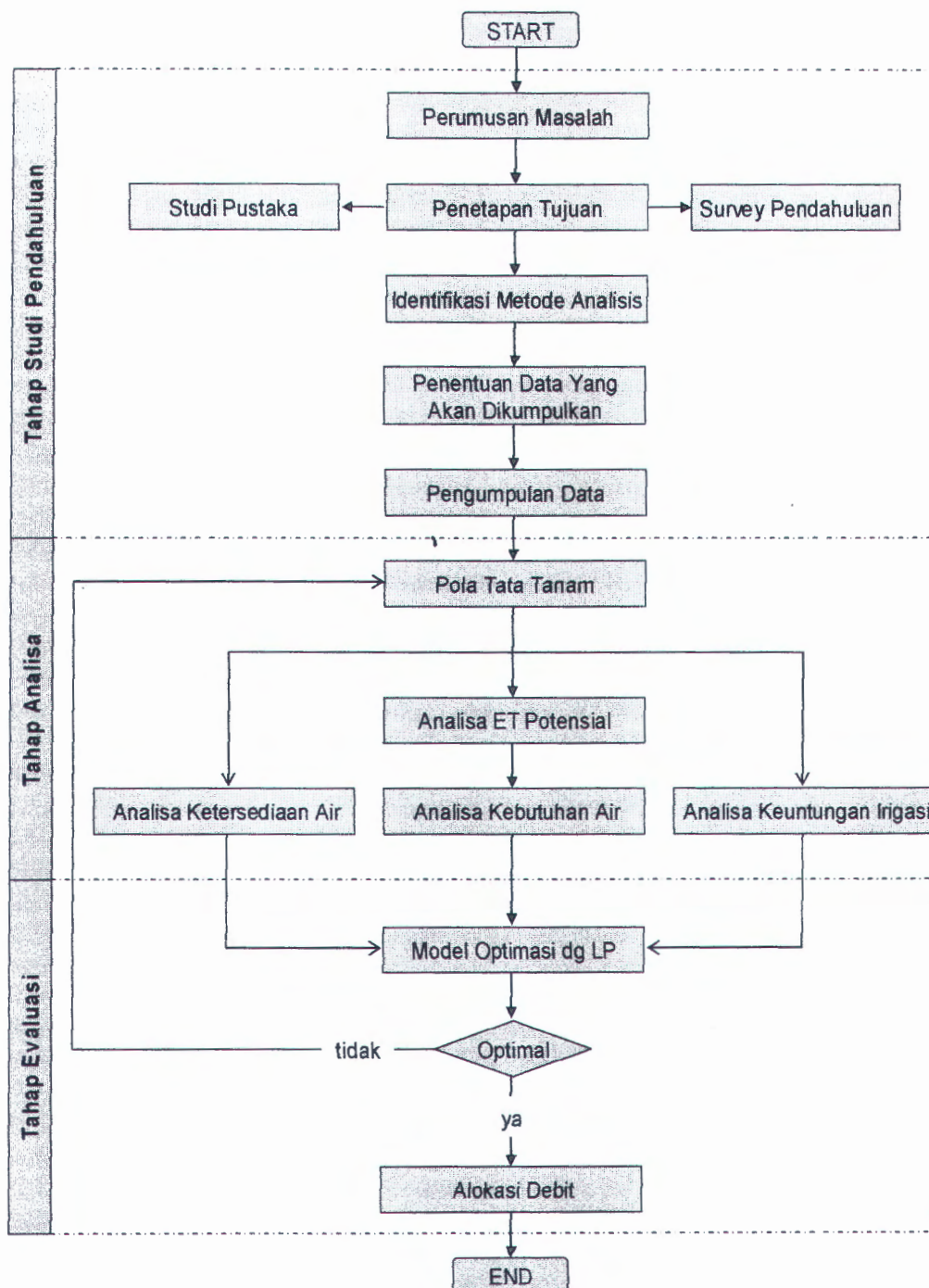
PETA JARINGAN IRIGASI KABUPATEN BONDOWOSO



 PEMERINTAH KABUPATEN BONDOWOSO DINAS PENGAIRAN Jl. Piri Tondan 1-A, Bondowoso 6214, Telp. 0332-42344, Fax. 0332-42313		PEKERJAAN : S.I.D. TH. ANGGARAN 2003	
		KODE PROYEK :	
PETA JARINGAN IRIGASI KABUPATEN BONDOWOSO			
DIGAMBAR	STAFF PERENCANAAN	(IMRON ROSYADI, ST. MT)	NO. LBR
DIRENCANA	KASI PERENCANAAN	(P. EDI SANTOSO)	JML. LBR
DIPERIKSA	KASUBOH PERENCANAAN	(K. KUKUH TRIYATMOKO, MM)	TGL
DISEJUTII	KA DINAS PENGAIRAN	(BNU HADJAR, S.T. M.M.)	NO KONTRAK



Gambar 4. Skema Sistem Jaringan Irigasi Teknis D.I. Wonosroyo



Gambar 5. Bagan Alir Metodologi Penelitian

3.3 Tahap Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui fokus permasalahan yang kemudian dilakukan studi pustaka untuk mencari literatur yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Tahap ini meliputi kegiatan :

1. Identifikasi dan perumusan masalah

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui berbagai permasalahan yang dihadapi oleh Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso. Selanjutnya dari berbagai masalah yang ada dirumuskan agar dapat lebih terfokus sesuai dengan tujuan dari studi ini. Salah satu permasalahan utama dalam sistem irigasi ini adalah kurang baiknya sistem pembagian alokasi debit air pada petak tersier, sehingga tidak sesuai dengan kebutuhan. Sistem pembagian alokasi debit air irigasi yang kurang baik disebabkan oleh adanya perencanaan dan pengendalian yang kurang mempertimbangkan ketersediaan air dan pola tata tanam.

2. Penetapan tujuan

Tujuan berfungsi untuk memberikan arah dan sasaran dalam pelaksanaan penelitian. Tujuan dilakukannya studi ini adalah untuk merencanakan dan mengendalikan jumlah debit air yang dapat dialokasikan pada sistem irigasi teknis, sehingga didapatkan pola tata tanam yang optimal.

3. Studi pustaka

Tahap ini bertujuan untuk memahami teori maupun metode yang akan digunakan dalam memecahkan masalah yang ada. Teori yang perlu dipahami dalam studi ini antara lain perencanaan irigasi khususnya bagian jaringan irigasi dan petak tersier, prinsip-prinsip irigasi, analisa kebutuhan air, debit andalan dan kaidah-

kaidah optimasi dengan program linier. Studi literatur dalam studi ini secara rinci telah dijelaskan sebelumnya pada Bab II Tinjauan Pustaka.

4. Survey pendahuluan

Sebagai tindakan awal dalam memahami problem yang ada dilakukan terlebih dahulu pemahaman aktivitas atau kejadian pada obyek yang dituju. Peninjauan lapang sangat diperlukan sekali dalam studi ini, karena tahap ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi nyata obyek yang akan dikaji.

5. Identifikasi metode analisis

Setelah dilakukan survey pendahuluan akan diperoleh beberapa data sementara. Data ini selanjutnya diolah untuk mengetahui inti permasalahan dan pengembangan berbagai alternatif penyelesaian masalah. Dalam mencari alternatif penyelesaian masalah dicari metode analisa dan alternatif solusi yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Metode analisa ini digunakan dasar dalam menentukan :

- Inti permasalahan yang dituju
- Data yang diperlukan
- Metode pemecahan masalah yang digunakan.

6. Penentuan data yang dikumpulkan

Dengan metode analisa yang telah dipilih dapat diketahui data-data apa saja yang diperlukan dalam analisa lebih lanjut. Untuk dapat melaksanakan studi ini diperlukan berbagai data yang berkaitan dengan alokasi debit air irigasi. Data-data yang diperlukan adalah :

- Data meteorologi, berupa data curah hujan
- Data klimatologi, berupa data temperatur, kelembaban relatif, kecepatan angin dan radiasi matahari.

- Data hidrologi, berupa data debit sungai dan *intake* pada bendung
- Data tanah dan agronomi, berupa pola tanam, jadwal tanam, koefisien tanaman, perkolasi dan produksi tanaman.
- Data kondisi daerah irigasi, berupa peta daerah irigasi, skema sistem jaringan irigasi, dan efisiensi irigasi

7. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan meminta data yang diperlukan secara langsung ke Dinas Pengairan dan Dinas Pertanian Kabupaten Bondowoso. Hal ini memungkinkan karena secara operasional kedua dinas tersebut yang melaksanakan tugas dalam pengelolaan air irigasi dan produksi pertanian.

3.4 Tahap Analisa

Dalam tahap ini akan dilakukan analisa dan pengolahan data. Analisa yang dilakukan meliputi pengolahan data dan pembuatan model. Analisa yang dilakukan terdiri atas :

1. Analisa evapotranspirasi potensial

Evapotranspirasi potensial yang dianalisis berdasarkan data klimatologi, dipergunakan sebagai data dasar bagi pendugaan kebutuhan air irigasi, agar ketersediaan air bagi tanaman dapat dipertahankan. Sedangkan kebutuhan air tanaman adalah kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi tanaman.

2. Analisa kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air irigasi pada suatu areal ditentukan berdasarkan kebutuhan air untuk tanaman, efisiensi irigasi dan pencucian salinitas. Pada dasarnya kebutuhan

air untuk budidaya tanaman dengan irigasi dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu kebutuhan air untuk tanaman, kebutuhan air di lahan dan kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan.

3. Analisa ketersediaan air irigasi

Besarnya debit air yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sepanjang tahun, dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan, maka diperlukan perhitungan debit andalan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode sepuluh harian. Debit andalan untuk satu bulan adalah debit dengan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi 20 % dari waktu bulan tersebut.

4. Analisa keuntungan irigasi

Keuntungan irigasi adalah manfaat bersih dari hasil pertanian, yaitu harga jual produksi pertanian dikurangi dengan semua biaya yang diperlukan untuk proses produksi. Dengan membagi besarnya keuntungan bersih produksi pertanian dalam suatu periode musim tanam dengan jumlah volume air irigasi yang dibutuhkan untuk proses produksi akan didapatkan keuntungan atau manfaat bersih air irigasi setiap meter kubik (m^3).

5. Analisa hasil optimasi

Sasaran yang ingin dicapai dalam studi ini adalah memperoleh keuntungan yang optimal dalam kaitannya dengan usaha pertanian. Sedangkan dalam analisis optimasi dalam studi ini adalah keterbatasan sumberdaya berupa volume air yang tersedia dan luas lahan yang ditanami.

3.5 Tahap Evaluasi

Dalam tahap ini akan dilakukan peninjauan kinerja model sistem alokasi debit air yang ada (kondisi eksisting) maupun hasil perencanaan. Model optimasi alokasi debit air dilakukan dengan cara mengoptimasikan luas lahan yang dapat ditanami. Selanjutnya dapat ditentukan alokasi debit air yang optimal pada pintu pengambilan masing-masing.

Untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan, pengolahan data dan analisisnya seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan secara matematis dirumuskan secara rinci sebagai berikut.

3.5.1 Evapotranspirasi potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial secara matematis dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Penman, seperti telah dibahas pada Bab II persamaan (2-1) sebagai berikut (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

$$ET_o = c[W.R_n + (1 - W).f(u).(e_a - e_d)]$$

dimana :

ET_o = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

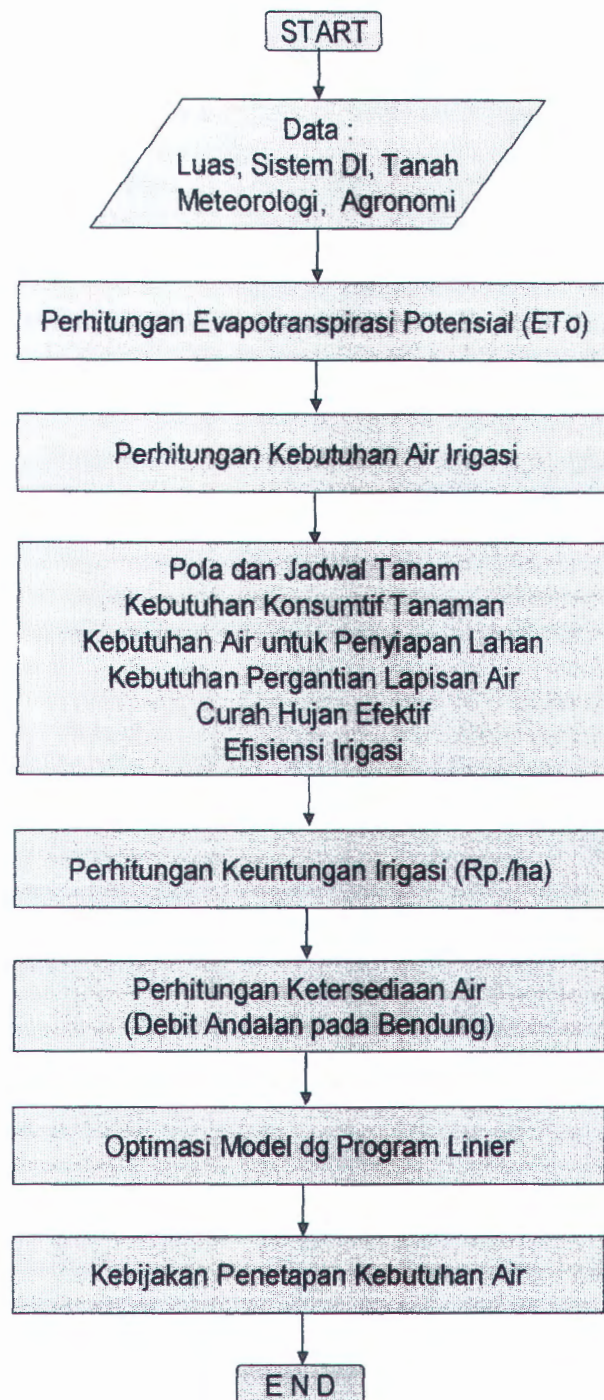
c = faktor koreksi (penyesuaian)

W = faktor pemberat

R_n = radiasi bersih / netto (mm/hari)

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin (km/hari) = $0.27 (1 + u/100)$

$e_a - e_d$ = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air aktual
(mbar)



Gambar 6. Analisa Data Penelitian

Agar persamaan Penman yang sudah dimodifikasi dapat dipergunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial (ET_o), maka perlu dilengkapi dengan tabel-tabel sebagai berikut :

1. Tekanan uap jenuh terhadap suhu udara rata-rata
2. Nilai fungsi kecepatan angin $f(u) = 0.27 (1 + U/100)$
3. Nilai faktor pemberat $(1 - W)$ untuk efek kecepatan angin dan kelembaban udara pada ET_o dalam hubungannya antara suhu dan ketinggian tempat
4. Nilai faktor pemberat (W) untuk efek radiasi pada ET_o dalam hubungannya dengan suhu dan ketinggian tempat
5. Besaran nilai angot (Ra) dalam hubungannya dengan letak lintang
6. Rata-rata lamanya penyinaran matahari setiap hari (N) dalam hubungannya dengan bulan dan letak lintang
7. Faktor konversi nilai angot (Ra) dan radiasi gelombang pendek (R_{ns}) untuk refleksi sinar matahari
8. Pengaruh suhu $f(T)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})
9. Pengaruh tekanan uap jenuh $f(e_d)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})
10. Pengaruh ratio aktual dan maksimum jam penyinaran matahari $f(n/N)$ pada radiasi gelombang panjang (R_{nl})
11. Faktor koreksi pada persamaan Penman

Secara lengkap tabel tersebut di atas disajikan pada Lampiran 2 sampai dengan 12.

3.5.2 Perhitungan kebutuhan air irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi di lapang, didasarkan pada kebutuhan air irigasi ideal yang telah direkomendasikan oleh Direktorat Jenderal Pengairan

Departemen Pekerjaan Umum. Dalam Perhitungan kebutuhan bersih air di sawah, seperti dinyatakan pada persamaan (2-6), sebagai berikut (Effendi, Obin dan Sofyan, 1987).

$$NFR_{padi} = ET_{crop} + P + WLR - Re_{padi}$$

dimana :

NFR_{padi} = kebutuhan bersih air di sawah untuk padi

ET_{crop} = kebutuhan air tanaman (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

WLR = kebutuhan air untuk pergantian lapisan air (mm/hari)

Re_{padi} = curah hujan efektif untuk padi (mm/hari)

Sedangkan kebutuhan bersih air di sawah (NFR) untuk tanaman palawija dan tanaman tebu, seperti dirumuskan pada persamaan (2-7) dan (2-8), sebagai berikut (Effendi, Obin dan Sofyan, 1987).

$$NFR_{plw} = ET_{crop} - Re_{plw}$$

$$NFR_{tebu} = ET_{crop} - Re_{tebu}$$

dimana :

NFR_{plw} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman palawija (mm/hari)

NFR_{tebu} = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman tebu (mm/hari)

ET_{crop} = kebutuhan air tanaman (mm/hari)

Re_{plw} = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hari)

Re_{tebu} = curah hujan efektif untuk tebu (mm/hari)

Dalam perhitungan kebutuhan air di sawah, didasarkan dengan beberapa parameter yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air irigasi, antara lain :

(a). Pola tanam dan jadwal tanam

Pola tanam dan jadwal tanam direncanakan atas dasar kebiasaan daerah setempat dan masukan-masukan dari petani pemakai air, maupun dari pemerintah daerah. Sehingga dalam menentukan pola tanam dan jadwal tanam perlu dilakukan sedemikian rupa agar tingkat kebutuhan airnya dapat terpenuhi secara optimal. Di D.I. Wonosroyo pola tanam ditentukan padi – padi – palawija. Jadwal tanam pada kondisi eksisting dimulai pada tanggal 1 Oktober, sedangkan pada kondisi perencanaan dibagi menjadi empat golongan A, B, C dan D. Alternatif golongan A jadwal tanam ditentukan mulai pada tanggal 1 Oktober, sedangkan alternatif golongan B, C, D, setiap golongan mempunyai selisih waktu 10 hari. Pola tata tanam yang direncanakan pada D.I. Wonosroyo ditunjukkan pada Tabel 4.

(b). Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Kebutuhan air untuk pengolahan tanah sangat dipengaruhi oleh kedalaman dan porositas tanah. Sedangkan faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah dan jumlah air yang diperlukan untuk pengolahan tanah.

(c). Kebutuhan air tanaman

Kebutuhan air tanaman atau kebutuhan air konsumtif atau sering disebut evapotranspirasi tanaman (ET_{crop}) dihitung dengan mengalikan evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan koefisien tanaman (K_c). Sedangkan evapotranspirasi potensial dihitung dengan pendekatan empiris dari persamaan Penman yang telah dimodifikasi (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

Tabel 4. Pola Tata Tanam Yang Direncanakan Pada D.I. Wonosroyo

Bulan	Periode	Golongan dan Awal Masa Tanam			
		A	B	C	D
		01-Oktober	11-Oktober	21-Oktober	01-Nopember
Oktober	I				PLW
	II	PL	PL	PL	PL
	III				
Nopember	I	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH
	II				
	III				
Desember	I	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH
	II				
	III				
Januari	I	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH	PADI - MH
	II				
	III				
Pebruari	I	PL	PL	PL	PL
	II				
	III				
Maret	I	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK
	II				
	III				
April	I	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK
	II				
	III				
Mei	I	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK	PADI - MK
	II				
	III				
Juni	I	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA
	II				
	III				
Juli	I	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA
	II				
	III				
Agustus	I	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA
	II				
	III				
September	I	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA	PALAWIJA
	II				
	III				

Keterangan :

PL Penyiapan lahan
 PADI-MH Padi pada musim penghujan
 PADI-MK Padi pada musim kemarau
 PLW Palawija

(d). Koefisien tanaman

Koefisien tanaman (K_c) adalah perbandingan antara evapotranspirasi suatu tanaman (ET_{crop}) dengan evapotranspirasi tetapan (ET_o). Banyaknya nilai K_c tergantung pada : (1) umur dan jenis tanaman; (2) waktu penebaran benih (transplanting); dan (3) keadaan iklim. Sehingga besarnya evapotranspirasi tanaman pada umumnya mencapai puncak pada masa tengah pertumbuhan dan selanjutnya akan menurun kembali menjelang masa panen sesuai dengan koefisien tanaman.

(e). Perkolasi

Laju perkolasi sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik tanah, antara lain : (1) tekstur tanah; (2) struktur tanah; (3) permeabilitas tanah; (4) tebal lapisan tanah atas; dan (5) letak permukaan tanah. Pada tanah liat berat dengan karakteristik pengolahan tanah yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 – 3 mm/hari. Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi, laju perkolasi di D.I. Wonosroyo ditentukan sebesar 1,0 mm/hari.

(f). Pergantian lapisan air

Kebutuhan air sebagai pergantian lapisan air (WLR) diberikan sesuai dengan kebutuhan. WLR hanya berlaku bagi tanaman padi sawah. Sedangkan pergantian lapisan air dilakukan dua bulan setelah transplantasi, masing-masing sebanyak 1.65 mm/hari selama dua bulan.

(g). Curah hujan efektif

Perhitungan curah hujan efektif untuk D.I. Wonosroyo ditentukan berdasarkan standar kriteria perencanaan irigasi (Anonim 1, 1986), yaitu untuk tanaman padi adalah setengah dari 70 % curah hujan merata yang terlampaui dengan

probabilitas 80 %. Sedangkan curah hujan efektif untuk tanaman palawija ditentukan berdasarkan metode USDA-SCS.

3.5.3 Perhitungan ketersediaan air

Sumber-sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, didasarkan atas perhitungan debit andalan guna memperoleh besarnya debit air yang tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan, yaitu 20 %. Sedangkan peluang keberhasilan sebesar 80 % atau sering disebut $Q_{80\%}$. (Anonim 2, 1986).

Untuk menentukan terpenuhi atau tidak terpenuhi 20 % debit yang sudah diamati sebanyak (n) tahun disusun data seri dengan urutan data yang terkecil hingga yang terbesar, kemudian dianalisis dengan metode analisa frekuensi.

3.5.4 Keuntungan irigasi

Keuntungan irigasi atau manfaat bersih dari hasil pertanian adalah harga jual produksi pertanian dikurangi dengan semua biaya yang dipergunakan untuk proses produksi. Dengan membagi besarnya keuntungan bersih produksi pertanian dalam suatu periode musim tanam dengan jumlah volume air yang dibutuhkan untuk proses produksi akan didapatkan manfaat bersih air irigasi setiap meter kubik (m^3).

Komponen analisa ekonomi untuk biaya produksi pertanian, meliputi : (1) biaya tenaga kerja (pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, panen, pasca panen); dan (2) biaya sarana produksi pertanian (bibit, pupuk, obat-obatan).

Perhitungan keuntungan hasil pertanian dilakukan selama kurun waktu satu tahun, yang dibagi dalam tiga periode musim tanam. Keuntungan bersih hasil

pertanian setiap hektar dan manfaat bersih air irigasi setiap m^3 dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Effendi, Obin dan Sofyan, 1987).

$$KBI = \frac{(JPP \times HPP) - BPP}{VAI} \quad (3-1)$$

dimana :

KBI = keuntungan bersih manfaat air irigasi tiap m^3 (Rp)

JPP = jumlah produksi pertanian tiap- ha (ton)

HPP = harga jual produksi pertanian (Rp./ton)

BPP = biaya produksi pertanian tiap – ha (Rp./ha)

VAI = volume air irigasi (m^3).

3.5.5 Perumusan model optimasi

Perumusan model matematika untuk menghitung optimasi, terdiri atas fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan atau sasaran yang ingin dicapai dalam studi ini adalah untuk memperoleh keuntungan yang terbesar dalam kaitannya dengan usaha pertanian. Sedangkan fungsi kendalanya adalah keterbatasan sumber daya yang berupa volume air yang tersedia, volume kebutuhan air irigasi dan luas lahan yang dapat ditanami.

Komponen model untuk menentukan banyaknya variabel-variabel yang akan dicari dalam solusi akhir pada program linier, disusun seperti pada Tabel 5. Perencanaan keseluruhan alokasi debit pada daerah irigasi dibatasi oleh luas tanah yang dapat ditanami, banyaknya air yang dialokasikan untuk irigasi, dan ketersediaan air. Komponen model sumber daya tanah yang dapat ditanami dan kebutuhan air irigasi, dapat dilihat pada Tabel 6. Sedangkan komponen model

keuntungan bersih dalam pemanfaatan air irigasi dalam satuan Rp / ha, ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 5. Komponen Model Program Linier

Kelompok	Kode Petak Tersier	Komponen Model	Variabel
I	PT-01	Wonosroyo I	X ₁
	PT-02	Wonosroyo II	X ₂
	PT-03	Wonosroyo III	X ₃
	PT-04	Wonosroyo IV	X ₄
II	PT-05	Wonosroyo V	X ₅
	PT-06	Wonosroyo VI	X ₆
	PT-07	Wonosroyo VII	X ₇
	PT-08	Wonosroyo VIII	X ₈
III	PT-09	Wonosroyo IX	X ₉
	PT-10	Wonosroyo X	X ₁₀
	PT-11	Wonosroyo XI	X ₁₁
	PT-12	Angsana	X ₁₂
IV	PT-13	Klompang-Blikeren-Kesambi	X ₁₃
	PT-14	Kapuran-Gayam-Pitasuci	X ₁₄
	PT-15	Sumber Taman-Pao-Kacung	X ₁₅
	PT-16	Jeru	X ₁₆

Tabel 6. Komponen Sumber Daya Tanah dan Kebutuhan Air Irigasi

Petak Tersier	Luas Tanah (ha)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /ha) Musim Tanam		
		I	II	III
01	106	C _{1.1}	C _{1.2}	C _{1.3}
02	151	C _{2.1}	C _{2.2}	C _{2.3}
03	110	C _{3.1}	C _{3.2}	C _{3.3}
04	137	C _{4.1}	C _{4.2}	C _{4.3}
05	164	C _{5.1}	C _{5.2}	C _{5.3}
06	157	C _{6.1}	C _{6.2}	C _{6.3}
07	191	C _{7.1}	C _{7.2}	C _{7.3}
08	103	C _{8.1}	C _{8.2}	C _{8.3}
09	148	C _{9.1}	C _{9.2}	C _{9.3}
10	105	C _{10.1}	C _{10.2}	C _{10.3}
11	138	C _{11.1}	C _{11.2}	C _{11.3}
12	102	C _{12.1}	C _{12.2}	C _{12.3}
13	164	C _{13.1}	C _{13.2}	C _{13.3}
14	144	C _{14.1}	C _{14.2}	C _{14.3}
15	179	C _{15.1}	C _{15.2}	C _{15.3}
16	206	C _{16.1}	C _{16.2}	C _{16.3}
Total	2305	C₁	C₂	C₃

Tabel 7. Komponen Keuntungan Pemanfaatan Air Irigasi

Petak Tersier	Keuntungan Pemanfaatan Air Irigasi (Rp/ha) Musim Tanam		
	I	II	III
01	$P_{1.1}$	$P_{1.2}$	$P_{1.3}$
02	$P_{2.1}$	$P_{2.2}$	$P_{2.3}$
03	$P_{3.1}$	$P_{3.2}$	$P_{3.3}$
04	$P_{4.1}$	$P_{4.2}$	$P_{4.3}$
05	$P_{5.1}$	$P_{5.2}$	$P_{5.3}$
06	$P_{6.1}$	$P_{6.2}$	$P_{6.3}$
07	$P_{7.1}$	$P_{7.2}$	$P_{7.3}$
08	$P_{8.1}$	$P_{8.2}$	$P_{8.3}$
09	$P_{9.1}$	$P_{9.2}$	$P_{9.3}$
10	$P_{10.1}$	$P_{10.2}$	$P_{10.3}$
11	$P_{11.1}$	$P_{11.2}$	$P_{11.3}$
12	$P_{12.1}$	$P_{12.2}$	$P_{12.3}$
13	$P_{13.1}$	$P_{13.2}$	$P_{13.3}$
14	$P_{14.1}$	$P_{14.2}$	$P_{14.3}$
15	$P_{15.1}$	$P_{15.2}$	$P_{15.3}$
16	$P_{16.1}$	$P_{16.2}$	$P_{16.3}$

Perumusan masalah pemrograman linier yang harus diputuskan adalah luas lahan yang akan dimanfaatkan dalam usahatani selama kurun waktu satu tahun musim tanam dengan pola tanam, yaitu padi musim hujan – padi musim kemarau – palawija musim kemarau. Sedangkan ukuran efektivitas Z adalah memaksimalkan

hasil pemanfaatan air irigasi. Oleh karena itu model perencanaan dengan program linier yang dilakukan dalam studi ini, secara matematika dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Fungsi Tujuan :} \quad \text{Maks.} Z = \sum_{i=1}^{16} P_{ij} \cdot X_{ij} \quad (3-2)$$

Dengan memperhatikan kendala-kendala sebagai berikut

1. Volume kebutuhan air irigasi

$$\sum_{i=1}^{16} C_{ij} \cdot X_{ij} \leq Q_j \quad (3-3)$$

2. Luas lahan yang dapat ditanami

$$\sum_{i=1}^{16} X_{ij} \leq A_{ij} \quad (3-4)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (3-5)$$

dimana :

P_{ij} = profit hasil pertanian pada petak tersier i dan musim tanam periode j

X_{ij} = luas petak tersier i yang dapat ditanami setiap musim tanam periode j

C_{ij} = consumptive use (kebutuhan air irigasi) , pada setiap petak tersier i dan musim tanam periode j

Q_j = volume air tersedia dalam satu periode musim tanam

A_{ij} = luas petak tersier keseluruhan

i = indeks luas petak tersier ke- i ($i = 1, 2, \dots, 16$)

j = indeks musim tanam periode ke- j dalam setahun ($j = 1, 2, \dots, 3$)



3.6 Model Pengujian

Model pengujian yang dilakukan dengan cara memaksimalkan luas lahan yang dapat ditanami, sehingga dapat ditentukan alokasi debit air secara tepat dari sumber ke petak-petak tersier, sesuai dengan kebutuhan. Rancangan model pengujian perencanaan dan pengendalian alokasi debit air pada sistem irigasi teknis dengan program linier secara bersama dengan mempertimbangkan kondisi ketersediaan volume air dan alternatif masa awal tanam, seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Jika $Q_{\max}$ adalah volume maksimum air yang dapat disediakan pada bendung (m^3) dan Q_j adalah volume air yang tersedia dalam satu periode musim tanam, maka pembagian air irigasi pada petak tersier mengacu pada ketentuan sebagai berikut :

- Jika $Q_j \geq 0,75 Q_{\max}$, maka pembagian air irigasi dengan cara terus menerus (*continuous flow*)
- Jika Q_j diantara $0,50 - 0,75 Q_{\max}$, maka pembagian air irigasi dengan cara rotasi sub tersier I
- Jika Q_j diantara $0,25 - 0,50 Q_{\max}$, maka pembagian air irigasi dengan cara rotasi sub tersier II
- Jika $Q_j < 0,25 Q_{\max}$, maka pembagian air irigasi dengan cara rotasi sub tersier III

Tabel 8. Model Pengujian Perencanaan dan Pengendalian dengan Program Linier

Ketersediaan Air (Q_j)	Alternatif	Musim Tanam Periode		
	Golongan/Awal Tanam	Padi MH	Padi MK	Palawija
Kondisi I $\geq 75\%$ $Q_{\max}$	Alt.1 (Gol A 01 Oktober)	I	II	III
	Alt.2 (Gol B: 11 Oktober)	I	II	III
	Alt.3 (Gol C: 21 Oktober)	I	II	III
	Alt.4 (Gol D 01 Nopember)	I	II	III
Kondisi II 50 - 75 % $Q_{\max}$	Alt.1 (Gol A 01 Oktober)	I	II	III
	Alt.2 (Gol B: 11 Oktober)	I	II	III
	Alt.3 (Gol C: 21 Oktober)	I	II	III
	Alt.4 (Gol D 01 Nopember)	I	II	III
Kondisi III 25 – 50 % $Q_{\max}$	Alt.1 (Gol A 01 Oktober)	I	II	III
	Alt.2 (Gol B: 11 Oktober)	I	II	III
	Alt.3 (Gol C: 21 Oktober)	I	II	III
	Alt.4 (Gol D 01 Nopember)	I	II	III
Kondisi IV < 25 % $Q_{\max}$	Alt.1 (Gol A 01 Oktober)	I	II	III
	Alt.2 (Gol B: 11 Oktober)	I	II	III
	Alt.3 (Gol C: 21 Oktober)	I	II	III
	Alt.4 (Gol D 01 Nopember)	I	II	III

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Potensi Wilayah Studi

Daerah Irigasi (D.I.) Wonosroyo merupakan bagian wilayah kerja UPTD (Unit Pelaksana Teknis Daerah) Wonosari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso. Sejalan dengan Undang-Undang Otonomi Daerah Nomor 22 tahun 1999, tentang Pemerintah Daerah dan Undang-Undang Nomor 25 tahun 1999 serta Peraturan Pemerintah Nomor 25 tahun 2000, tentang kewenangan pemerintah dan kewenangan propinsi sebagai daerah otonomi.

Selanjutnya untuk menyempurnakan kebijakan otonomi daerah, Undang-Undang Nomor 22 tahun 1999 dan Undang-Undang Nomor 25 tahun 1999, mengalami perubahan menjadi Undang-Undang Nomor 32 tahun 2004 tentang pemerintah daerah dan Undang-Undang Nomor 33 tahun 2004 tentang perimbangan keuangan. Dengan adanya Undang-Undang Nomor 7 tahun 2004 sebagai pengganti Undang-Undang Nomor 11 tahun 1974, Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso tidak hanya memiliki kewengan bidang pengairan atau irigasi saja, tetapi lebih luas lagi termasuk menangani sumber daya air.

Luas wilayah Kabupaten Bondowoso lebih kurang 1560 km² atau setara dengan 3,26 % dari luas Propinsi Jawa Timur. Secara geografi Kabupaten Bondowoso terletak pada 7° 50' 10" LS sampai dengan 7° 56' 41" LS (Lintang Selatan) dan 113° 48' 10" BT sampai dengan 113° 48' 26" BT (Bujur Timur). Secara administratif wilayah Kabupaten Bondowoso dibagi menjadi 20 kecamatan, 209 desa dan 10 kalurahan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terdapat di Kabupaten Bondowoso adalah DAS Sampean, DAS Deluang, DAS Suger dan DAS Majid. Sedangkan batas wilayah Kabupaten Bondowoso hampir seluruhnya dibatasi oleh pegunungan, yaitu sebelah timur dibatasi Gunung Ijen sekaligus berbatasan dengan wilayah Kabupaten Banyuwangi. Sebelah barat dibatasi Gunung Argopuro sekaligus berbatasan dengan wilayah Kabupaten Probolinggo. Sebelah utara dibatasi dengan Gunung Putri sekaligus berbatasan dengan wilayah Kabupaten Situbondo. Sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Jember.

Kondisi permukaan tanah yang berupa dataran rendah lebih kurang 30,70 %, yang berupa dataran tinggi lebih kurang 24,29 %, sedangkan yang berupa pegunungan dan perbukitan lebih kurang 44,40 %. Secara keseluruhan luas baku sawah 31434 ha, yang terdiri atas sawah teknis 26390 ha, sawah setengah teknis 2551 ha dan sawah sederhana 2493 ha.

Wilayah kerja Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso dibagi menjadi 5 (lima) UPTD (Unit Pelaksana Teknis Daerah) dan 30 daerah irigasi. Masing-masing UPTD menangani 3 – 9 daerah irigasi. Daerah Irigasi Wonosroyo mempunyai luas baku sawah tahun tanam 2005/2006 sebesar 2702 ha, merupakan daerah irigasi terbesar di UPTD Wonosari dan terbesar ketiga ditingkat Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso. Luas baku sawah pada setiap daerah irigasi di Kabupaten Bondowoso dapat dilihat pada Lampiran 1.

D.I. Wonosroyo mempunyai 23 jaringan irigasi untuk melayani luas baku sawah sebesar 2702 ha, yang terdiri atas baku sawah teknis sebesar 2305 ha (85 %), baku sawah setengah teknis 376 ha (14 %) dan baku sawah sederhana 21 ha (1 %). Sedangkan sistem jaringan irigasi teknis di D.I. Wonosroyo hanya melayani luas

baku sawah sebesar 2305 ha, yang terbagi menjadi 16 petak tersier. Panjang saluran induk 12,645 km dan saluran drainase sepanjang 8,276 km. Bangunan sadap sebanyak 30 buah dan bangunan bagi sadap 2 buah, sedangkan untuk mengendalikan debit air pada sistem irigasi teknis dilengkapi dengan 80 buah pintu pengendali. Produktivitas tanaman padi berkisar antara 3,81 – 4,81 ton/ha, sedangkan produktivitas tanaman palawija sebesar 2,82 – 4,06 ton/ha. Luas baku sawah setiap petak tersier dan produktivitas hasil pertanian pada D.I. Wonosroyo dapat dilihat pada Tabel 9.

4.2 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial (ET_o) atau sering disebut evapotranspirasi tetapan adalah evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan yaitu rerumputan pendek yang tumbuh secara optimal pada kondisi tidak kekurangan air. Faktor-faktor klimatologi yang sangat berpengaruh dalam perhitungan evapotranspirasi potensial adalah suhu udara, kelembaban udara, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin

Untuk menduga besarnya evapotranspirasi potensial di wilayah studi, dipergunakan data klimatologi yang bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), dari stasiun klimatologi Cindogo yang terletak di Kabupaten Bondowoso dengan posisi geografi pada 07° 53' LS dan 113° 58' BT, dengan ketinggian tempat rata-rata 98 meter dari permukaan laut. Data-data klimatologi periode tahun 1986-2005 atau selama 20 tahun terakhir, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 13 sampai dengan 16.

Tabel 9. Luas Baku Sawah dan Produktivitas Hasil Pertanian pada D.I. Wonosroyo

Kel.	Kode PT	Petak Tersier	Luas Baku (ha)	Jenis Tanaman	Produktivitas (ton/ha)
Kelompok I	PT-01	Wonosroya I	106	Padi Musim Hujan (MH)	4.80
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.08
				Palawija (MK.II)	3.19
	PT-02	Wonosroyo II	151	Padi Musim Hujan (MH)	4.60
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.10
				Palawija (MK.II)	2.97
	PT-03	Wonosroyo III	110	Padi Musim Hujan (MH)	4.40
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.24
				Palawija (MK.II)	4.06
	PT-04	Wonosroyo IV	137	Padi Musim Hujan (MH)	4.55
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.95
				Palawija (MK.II)	2.82
Kelompok II	PT-05	Wonosroyo V	164	Padi Musim Hujan (MH)	4.75
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.16
				Palawija (MK.II)	4.02
	PT-06	Wonosroyo VI	157	Padi Musim Hujan (MH)	4.54
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.86
				Palawija (MK.II)	2.99
	PT-07	Wonosroyo VII	191	Padi Musim Hujan (MH)	4.38
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.81
				Palawija (MK.II)	2.98
	PT-08	Wonosroyo VIII	103	Padi Musim Hujan (MH)	4.81
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.44
				Palawija (MK.II)	4.03
Kelompok III	PT-09	Wonosroyo IX	148	Padi Musim Hujan (MH)	4.66
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.12
				Palawija (MK.II)	3.26
	PT-10	Wonosroyo X	105	Padi Musim Hujan (MH)	4.28
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.98
				Palawija (MK.II)	2.88
	PT-11	Wonosroyo XI	138	Padi Musim Hujan (MH)	4.55
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.15
				Palawija (MK.II)	3.05
	PT-12	Angsana	102	Padi Musim Hujan (MH)	4.22
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.97
				Palawija (MK.II)	2.96
Kelompok IV	PT-13	Klompang-Blikeren-Kesambi	164	Padi Musim Hujan (MH)	4.39
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.21
				Palawija (MK.II)	3.37
	PT-14	Kapuran-Gayam-Pitasuci	144	Padi Musim Hujan (MH)	4.54
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.18
				Palawija (MK.II)	3.06
	PT-15	Sumber Taman-Pao-Kacung	179	Padi Musim Hujan (MH)	4.37
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	3.97
				Palawija (MK.II)	2.91
	PT-16	Jeru	206	Padi Musim Hujan (MH)	4.76
				Padi Musim Kemarau (MK.I)	4.61
				Palawija (MK.II)	3.29
	Jumlah		2305		

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Berdasarkan data klimatologi pada Lampiran 13 sampai dengan 16, maka hasil analisis data menunjukkan kecenderungan sebagai berikut.

1. Suhu udara (temperatur)

Temperatur udara rata-rata bulanan pada umumnya berfluktuasi dengan kisaran antara 22,5 °C sampai dengan 25,2 °C, dan suhu rata-rata tahunan sebesar 24,3 °C. Temperatur udara rata-rata bulanan terendah terjadi pada bulan Nopember, sedangkan temperatur rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Oktober. Data temperatur udara rata-rata bulanan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 13.

2. Kelembaban udara relatif (Rh)

Kelembaban udara relatif rata-rata bulanan pada umumnya berkisar antara 65 % sampai dengan 77 %, kelembaban udara relatif rata-rata tahunan sebesar 71,75 %. Pada bulan September rata-rata kelembaban udara relatif paling rendah sepanjang tahun, sedangkan kelembaban udara relatif tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Pebruari. Kelembaban udara rata-rata bulanan seperti ditunjukkan pada Lampiran 14.

3. Lama penyinaran matahari

Lama penyinaran matahari rata-rata bulanan pada daerah studi berkisar antara 46 % sampai dengan 70 %, lama penyinaran matahari rata-rata bulanan yang terendah terjadi pada bulan Januari dan Pebruari, sedangkan yang tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan September. Lama penyinaran matahari rata-rata tahunan sebesar 59 %. Data dasar lama penyinaran matahari rata-rata bulanan dapat dilihat pada Lampiran 15.

4. Kecepatan angin

Kecepatan angin rata-rata bulanan tercatat antara 0,28 m/detik sampai dengan 0,79 m/detik. Kecepatan angin rata-rata tahunan sebesar 0,44 m/detik yang setara dengan 37,58 km/hari atau 0,85 knots. Kecepatan angin rata-rata bulanan terendah terjadi pada bulan Pebruari, sedangkan tertinggi terjadi pada bulan Agustus pada saat musim kemarau. Secara lengkap data kecepatan angin rata-rata bulanan disajikan pada Lampiran 16.

Pendugaan evapotranspirasi potensial (ET_p) dilakukan dengan pendekatan secara empiris dari rumus Penman yang sudah dimodifikasi, serta telah ditetapkan oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*). Sedangkan data-data klimatologi yang tersedia digunakan sebagai dasar perhitungan evapotranspirasi potensial (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

Hasil perhitungan yang menghasilkan hubungan suhu (T), kelembaban relatif (Rh), tekanan uap jenuh (e_a), tekanan uap aktual (e_d), kecepatan angin (u), perbandingan kecepatan angin siang dan malam hari (*u-day/u-light*), faktor pemberat (W), nilai angot (R_a), dan fungsi suhu f (T), ringkasannya secara lengkap disajikan pada Tabel 10. Sedangkan hasil perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_p) ditunjukkan pada Tabel 11.

4.3 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Luas areal petak tersier yang mendapatkan air dari jaringan irigasi teknis pada D.I. Wonosroyo sebesar 2305 ha, yang terbagi dalam 16 petak tersier masing-masing luasnya antara 102 ha sampai dengan 206 ha.

Tabel 10. Ringkasan Hubungan T, Rh, ea, ed, u, uday/ulight, W, Ra, f(T) untuk D.I. Wonosroyo

Bulan	Stasiun Klimatologi Cindogo (07° 53' LS 113° 58' BT)								
	Untuk Daerah Irigasi Wonosroyo								
	T	Rh	ea	ed	u	uday/ulight	W	Ra	f(T)
Januari	24.40	0.77	30.56	23.53	0.47	1.50	0.734	16.082	15.500
Pebruari	24.10	0.77	29.99	23.09	0.28	1.50	0.731	16.095	15.425
Maret	24.50	0.76	30.75	23.37	0.31	1.50	0.735	15.506	15.525
April	24.50	0.73	30.75	22.45	0.39	1.50	0.735	14.417	15.525
Mei	24.50	0.74	30.75	22.76	0.32	1.50	0.735	13.117	15.525
Juni	24.20	0.72	30.18	21.73	0.46	1.50	0.732	12.422	15.450
Juli	23.90	0.69	29.63	20.44	0.40	1.50	0.729	12.722	15.380
Agustus	24.20	0.66	30.18	19.92	0.79	1.50	0.732	13.717	15.450
September	24.80	0.65	31.32	20.36	0.62	1.50	0.738	14.906	15.600
Oktober	25.20	0.68	32.08	21.81	0.48	1.50	0.742	15.794	15.700
Nopember	22.50	0.72	27.25	19.62	0.30	1.50	0.715	15.988	15.100
Desember	24.20	0.71	30.18	21.43	0.39	1.50	0.732	15.982	15.450

Sumber : Perhitungan

Tabel 11. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial (ET_o) dengan Metode Penman

No	Uraian	Sumber	Satuan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
A Data Dasar															
1	Suhu Udara Rata-rata (T)	data	°C	24.4	24.1	24.5	24.5	24.5	24.2	23.9	24.2	24.8	25.2	22.5	24.2
2	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	77	77	76	73	74	72	69	66	65	68	72	71
3	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0.47	0.28	0.31	0.39	0.32	0.46	0.40	0.79	0.62	0.48	0.30	0.39
4	Lama Penyinaran Mthr Nyata (n)	data	jam/hari	5.74	5.68	6.29	7.01	7.97	7.44	7.60	8.29	8.40	7.72	6.61	6.41
5	Lama Penyinaran Mthr Max (N)	tabel	jam/hari	12.47	12.36	12.10	11.89	11.73	11.63	11.69	11.84	12.00	12.26	12.47	12.57
6	Penyinaran Matahari (n/N)	data	%	46	46	52	59	68	64	65.00	70	70	63	53	51
7	Letak Lintang	data	°LS	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88
B Perhitungan ET_o															
1	Tekanan Uap Jenuh (e _a)	tabel	mbar	30.56	29.99	30.75	30.75	30.75	30.18	29.63	30.18	31.32	32.08	27.25	30.18
2	Tekanan Uap Sebenarnya (e _d)	hitung	mbar	23.53	23.09	23.37	22.45	22.76	21.73	20.44	19.92	20.36	21.81	19.62	21.43
3	e _a -e _d	hitung	mbar	7.03	6.90	7.38	8.30	8.00	8.45	9.19	10.26	10.96	10.27	7.63	8.75
4	f(u) = 0.27 (1+0.864 u)	hitung	m/dt	0.38	0.34	0.34	0.36	0.34	0.38	0.36	0.45	0.41	0.38	0.34	0.36
5	Faktor Pemberat (W)	tabel		0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.72	0.73
6	(1 - W)	hitung		0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.29	0.27
7	Angka Angot (R _a)	tabel	mm/hari	16.08	16.10	15.51	14.42	13.12	12.42	12.72	13.72	14.91	15.79	15.99	15.98
8	R _s = (0.25 + 0.50 n/N) R _a	hitung	mm/hari	7.72	7.73	7.91	7.86	7.74	7.08	7.32	8.23	8.94	8.92	8.23	8.07
9	R _{ns} = (1 - α) R _s	hitung	mm/hari	5.79	5.79	5.93	5.89	5.80	5.31	5.49	6.17	6.71	6.69	6.18	6.05
10	f(T) = σT _k ⁴	tabel		15.50	15.43	15.53	15.53	15.53	15.45	15.38	15.45	15.60	15.70	15.10	15.45
11	f(e _d) = 0.34 - 0.044 √(e _d)	tabel		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14
12	f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N	tabel		0.51	0.51	0.57	0.63	0.71	0.68	0.69	0.73	0.73	0.67	0.58	0.56
13	R _{n1} = f(T) f(e _d) f(n/N)	hitung	mm/hari	1.01	1.02	1.12	1.29	1.44	1.41	1.49	1.62	1.61	1.41	1.26	1.18
14	Radiasi Netto R _n = R _{ns} - R _{n1}	hitung	mm/hari	4.78	4.77	4.81	4.60	4.37	3.90	4.00	4.55	5.10	5.28	4.91	4.88
15	Faktor Koreksi (c)	tabel		1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.02	1.02	1.02	1.04	1.05	1.05	1.04
16	ET _o =c[WR _n +(1-W)f(u)(e _a -e _d)]	hitung	mm/hari	4.40	4.31	4.41	4.35	4.10	3.78	3.89	4.68	5.16	5.18	4.45	4.59

Sumber : Perhitungan

Usahatani yang dilakukan oleh masyarakat di wilayah studi pada umumnya budidaya pertanian dengan tanaman padi sawah dan tanaman palawija. Untuk menekan kebutuhan puncak air irigasi pada daerah studi, maka penentuan waktu tanam dapat direncanakan dengan jalan bertahap, misalnya satu kelompok petak tersier yang dimulai dengan pengolahan tanah awal pada tanggal tertentu, kemudian dilanjutkan dengan kelompok petak tersier lainnya dengan selang waktu 10 hari berikutnya.

Penerapan sistem pengelompokan semacam ini disebut sistem golongan. Sistem golongan yang dimungkinkan dapat diterapkan pada wilayah studi yang dibagi menjadi empat golongan, yaitu golongan A, B, C, D. Awal penyiapan lahan untuk golongan A dimulai pada tanggal 1 Oktober, selanjutnya untuk golongan B, C, D dimulai dengan selang waktu 10 hari setiap golongan.

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan pedoman standar yang telah direkomendasikan oleh Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, sebagai Buku Standar Perencanaan Irigasi (KP-01). Penggunaan metode untuk menghitung kebutuhan air irigasi, ada beberapa data dasar yang perlu dipersiapkan, antara lain : evapotranspirasi, perkolasi, pergantian lapisan air dan curah hujan efektif.

Rencana pola tanam pada D.I. Wonosroyo adalah padi – padi – palawija. Rencana pola tanam tersebut ditetapkan bersama dalam Panitia Irigasi yang unsur-unsurnya terdiri dari Perhimpunan Petani Pemakai Air (P3A), Dinas Pengairan dan Pemerintah Daerah Kabupaten Bondowoso.

4.3.1 Kebutuhan air tanaman

Kebutuhan air tanaman (consumptive use) diperkirakan berdasarkan perhitungan secara empiris seperti yang telah diuraikan pada persamaan (2-5). Dengan menggunakan data klimatologi dan koefisien tanaman pada berbagai fase pertumbuhan, maka akan didapatkan kebutuhan air tanaman (ET_{crop}).

Berdasarkan analisis dari perhitungan kebutuhan air tanaman, maka ET_{crop} untuk tanaman padi rata-rata mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan ET_{crop} untuk tanaman palawija. Hal ini disebabkan karena nilai koefisien tanaman (K_c) padi relatif lebih besar dibandingkan dengan nilai K_c tanaman palawija. Besarnya nilai kebutuhan air tanaman pada umumnya mencapai puncak pada masa pertengahan pertumbuhan tanaman, selanjutnya akan menurun sampai menjelang masa panen.

4.3.2 Curah hujan efektif

Curah hujan rata-rata suatu daerah yang dinyatakan dalam satuan tinggi (mm), adalah curah hujan yang dipergunakan dalam penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air. Pengamatan curah hujan untuk keperluan rancangan irigasi di D.I. Wonosroyo adalah curah hujan rata-rata bulanan dan jumlah hari hujan, selama kurun waktu 20 tahun yang terakhir, seperti ditunjukkan pada Lampiran 17 dan 18.

Berdasarkan data pada Lampiran 17 dan 18 menunjukkan bahwa curah hujan pada D.I. Wonosroyo biasanya dimulai pada bulan Oktober dan mencapai puncaknya pada bulan Desember sampai dengan bulan Maret, selanjutnya menurun secara signifikan sampai pada bulan Juli, Agustus dan September. Sedangkan rata-

rata hari hujan terbesar terjadi pada bulan Desember, kemudian terus menurun sampai dengan bulan Agustus.

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang dapat dimanfaatkan secara efektif untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Curah hujan efektif untuk tanaman padi dihitung sebesar setengah dari 70 % curah hujan periode sepuluh harian yang terlampaui dengan probabilitas 80 % (*dependable rainfall* 80 %). Data dasar curah hujan rata-rata periode 10 harian, seperti ditunjukkan pada Lampiran 19, sedangkan hasil analisa frekuensi data curah hujan periode 10 harian dengan probabilitas 80 %, dapat dilihat pada Lampiran 20. Curah hujan efektif untuk tanaman palawija, dihitung berdasarkan metode USDA-SCS, seperti telah ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija dapat dilihat pada Tabel 12. Rangkuman hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan palawija disajikan pada Tabel 13.

Curah hujan efektif untuk tanaman padi di D.I. Wonosroyo pada periode II bulan Juli sampai dengan periode I bulan Agustus nilainya 0 (nol), sedangkan pada periode yang lain nilainya bervariasi antara 0,21 mm sampai dengan 6,83 mm. Awal masa tanam musim hujan di D.I. Wonosroyo dimulai pada awal bulan Oktober yang diawali dengan penyiapan lahan atau pengolahan tanah. Sedangkan disisi lain, pada bulan tersebut curah hujan sudah mulai meningkat, tetapi debit sungai masih relatif kecil. Curah hujan efektif untuk tanaman palawija nilainya 0 (nol) terjadi pada periode III bulan Juli dan periode I bulan Agustus, sedangkan pada periode lainnya besarnya curah hujan efektif bervariasi antara 0,06 mm sampai dengan 2,40 mm.

Tabel 12. Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Palawija

Parameter	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	4.40	4.31	4.41	4.35	4.10	3.78	3.89	4.68	5.16	5.18	4.45	4.59
ET _o Rata-rata Bulanan	132.00	129.30	132.30	130.50	123.00	113.40	116.70	140.40	154.80	155.40	133.50	137.70
Curah Hujan Rata-rata Bulanan	202.00	290.00	245.00	125.00	31.00	25.00	21.00	25.00	18.00	87.00	136.00	303.00
Faktor Tampung	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07
Re Bulanan	124.00	188.00	139.00	85.00	28.00	19.00	19.00	20.00	21.00	66.00	92.00	202.00
Re Bulanan Terkoreksi	133.00	201.00	149.00	89.00	30.00	20.00	20.00	21.00	22.00	69.00	97.00	216.00
Curah Hujan Efektif / Re (mm)	4.43	6.70	4.97	2.97	1.00	0.67	0.67	0.70	0.73	2.30	3.23	7.20

Sumber : Perhitungan

Tabel 13. Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi dan Palawija (mm)

Bulan	Periode	Curah Hujan Efektif (Re)		Keterangan
		Padi 0.5(0.7xR80%/10)	Palawija (Metode USDA-SCS)	
Januari	I	3.15	1.58	
	II	3.05	1.54	
	III	2.87	1.32	
Pebruari	I	5.81	2.40	
	II	5.22	2.36	
	III	5.29	1.94	
Maret	I	4.69	1.89	
	II	4.27	1.66	
	III	3.92	1.34	
April	I	2.38	1.28	
	II	2.38	1.00	
	III	1.75	0.71	
Mei	I	0.95	0.42	
	II	0.67	0.26	
	III	0.91	0.32	
Juni	I	1.09	0.38	
	II	0.70	0.21	
	III	0.21	0.11	
Juli	I	1.33	0.48	
	II	0.00	0.06	
	III	0.00	0.00	
Agustus	I	0.00	0.00	
	II	0.46	0.14	
	III	1.40	0.56	
September	I	0.28	0.12	
	II	0.32	0.12	
	III	0.84	0.49	
Oktober	I	1.19	0.48	
	II	1.75	0.71	
	III	2.17	1.06	
Nopember	I	2.07	0.88	
	II	2.63	0.95	
	III	3.47	1.40	
Desember	I	4.73	2.14	
	II	5.43	2.28	
	III	6.83	2.90	

Sumber : Perhitungan

4.3.3 Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air di dalam profil tanah untuk mengisi air tanah, faktor utama yang mempengaruhi adalah sifat-sifat fisik tanah. Besarnya laju perkolasi sangat tergantung dari batas gerakan masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah (infiltrasi) yang terjadi dari tanah yang diolah. Secara umum besarnya laju perkolasi sangat bervariasi. Pada wilayah yang bertekstur tanah liat berat dengan karakteristik pengolahan tanah yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Sedangkan laju perkolasi pada D.I. Wonosroyo ditentukan sebesar 1,0 mm/hari.

4.3.4 Pengolahan tanah

Pengolahan tanah adalah setiap manipulasi mekanik untuk menciptakan keadaan tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman, dengan tujuan menghancurkan gulma, menggemburkan dan memantapkan struktur tanah.

Kebutuhan air untuk pengolahan tanah pada dasarnya adalah kebutuhan air yang diperlukan untuk mengganti kompensasi air yang hilang akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan. Waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah secara keseluruhan di D.I. Wonosroyo adalah 40 hari. Sedangkan besarnya kebutuhan air untuk penjenuhan ditentukan sebesar 150 mm untuk tanaman padi musim hujan (MH) dan jenis tanaman padi gadu atau musim kemarau (MK-I).

Besarnya kebutuhan air untuk pengolahan tanah pada daerah irigasi, sangat bervariasi untuk masing-masing petak tersier, hal ini tergantung pada besarnya evaporasi, perkolasi dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah.

Besarnya kebutuhan air untuk pengolahan tanah pada D.I. Wonosroyo, berkisar antara 8,43 mm/hari sampai dengan 9,91mm/hari.

4.3.5 Pergantian lapisan air

Pergantian lapisan air atau *water layer replacement* (WLR) hanya dilakukan pada sistem budidaya tanaman padi. Dalam pelaksanaannya setelah kegiatan pemupukan, diusahakan untuk menjadwalkan pergantian lapisan air sesuai dengan kebutuhan. Pada D.I. Wonosroyo pergantian lapisan air dilakukan dua kali (masing-masing sebesar 50 mm atau 5 mm/hari dalam periode 10 harian) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi. Sehingga pergantian lapisan air (WLR) ini ditetapkan sebesar 1.65 mm/hari setiap periode 10 harian.

4.3.6 Efisiensi irigasi

Efisiensi pada dasarnya mengacu sampai seberapa baik sumber daya dapat digunakan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu efisiensi irigasi merupakan perbandingan jumlah debit air irigasi yang sampai di sawah dengan jumlah debit yang dikeluarkan pada pintu pengambilan.

Efisiensi terjadi akibat kehilangan air selama dalam perjalanannya dari sumber air menuju ke petak-petak sawah, oleh karena itu debit air irigasi yang dialirkan menjadi berkurang. Untuk menjamin supaya air yang dialokasikan sampai ke tanaman dapat diterima secara tepat sesuai dengan kebutuhan, maka debit air yang diambil pada pintu pengambilan harus lebih besar dari pada kebutuhan air di sawah. Untuk itu dalam perhitungan kebutuhan air irigasi harus dibagi dengan faktor efisiensi irigasi.

Besarnya nilai efisiensi irigasi tergantung pada kondisi jaringan irigasi, besarnya evaporasi dan penerapan dalam kegiatan eksploitasi irigasi. Pada D.I. Wonosroyo, dengan kondisi jaringan irigasi teknis yang ada, efisiensi pada saluran primer sekitar 90 %, saluran sekunder lebih kurang 85 %, dan saluran tersier sekitar 75 %, maka jika dihitung efisiensi total untuk seluruh jaringan yang terdapat pada daerah irigasi diperkirakan sebesar 57,5 %.

4.3.7 Kebutuhan air irigasi

Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi merupakan salah satu variabel dalam analisa optimasi. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi untuk alternatif golongan A, B, C, D dengan awal masa tanam tanggal 1 Oktober dan berturut-turut dengan selisih waktu 10 hari, secara lengkap ditunjukkan pada Lampiran 21.

Kebutuhan air irigasi dianalisis dengan menggunakan parameter-parameter, antara lain : evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan pendekatan secara empiris dari rumus Penman yang telah dimodifikasi, perkolasi, pengolahan tanah atau penyiapan lahan, pergantian lapisan air (WLR), curah hujan efektif, koefisien tanaman (K_c), dan efisiensi irigasi. Kebutuhan air irigasi tersebut di atas semuanya dipenuhi dari satu sumber yaitu Bendung Wonosroyo, kemudian dialokasikan secara terkendali melalui jaringan irigasi teknis, menuju petak-petak tersier dalam satu daerah irigasi. Rangkuman hasil perhitungan kebutuhan air irigasi di *intake* untuk golongan A, B, C, D dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Kebutuhan Air Irigasi di Intake (liter/detik/ha)

Bulan	Periode	Golongan dan Awal Tanam			
		A	B	C	D
		01-Oktober	11-Oktober	21-Oktober	01-Nopember
Oktober	I	1.957	0.000	0.000	0.000
	II	1.844	1.844	0.000	0.000
	III	1.759	1.759	1.759	0.000
Nopember	I	1.643	1.643	1.643	1.643
	II	0.657	1.530	1.530	1.530
	III	0.488	0.488	1.361	1.361
Desember	I	0.575	0.265	0.265	0.970
	II	0.411	0.434	0.125	0.125
	III	0.129	0.129	0.152	0.000
Januari	I	0.829	0.829	0.829	0.851
	II	0.606	0.849	0.849	0.849
	III	0.177	0.642	0.886	0.886
Pebruari	I	0.954	0.000	0.036	0.275
	II	1.073	1.073	0.000	0.155
	III	1.059	1.059	1.059	0.000
Maret	I	1.067	1.067	1.067	1.067
	II	0.318	1.151	1.151	1.151
	III	0.389	0.389	1.222	1.222
April	I	0.996	0.685	0.685	1.419
	II	0.974	0.996	0.685	0.685
	III	1.101	1.101	1.122	0.812
Mei	I	1.209	1.209	1.209	1.229
	II	1.038	1.265	1.265	1.265
	III	0.557	0.990	1.217	1.217
Juni	I	0.114	0.504	0.904	1.113
	II	0.357	0.148	0.583	0.982
	III	0.450	0.377	0.168	0.681
Juli	I	0.573	0.389	0.314	0.099
	II	0.771	0.657	0.473	0.399
	III	0.803	0.783	0.669	0.485
Agustus	I	0.951	0.966	0.942	0.805
	II	0.829	0.923	0.937	0.914
	III	0.547	0.745	0.839	0.853
September	I	0.000	0.703	0.921	1.025
	II	0.000	0.000	0.703	0.921
	III	0.000	0.000	0.000	0.628

Sumber : Perhitungan

4.4 Analisa Manfaat Bersih Air Irigasi

Dalam memperkirakan besarnya manfaat bersih air untuk irigasi dipengaruhi beberapa faktor, antara lain hasil produksi pertanian, biaya produksi dan volume air yang dibutuhkan untuk irigasi.

Perhitungan manfaat bersih air irigasi didasarkan atas perkiraan keuntungan yang diperoleh dari hasil produksi pertanian dan volume air yang dibutuhkan setiap petak tersier dalam suatu daerah irigasi, yang mendapatkan air dari satu sumber, dalam hal ini dari Bendung Wonosroyo. Analisa manfaat irigasi, meliputi analisa usahatani, hasil produksi pertanian, biaya produksi pertanian dan perhitungan manfaat bersih air irigasi.

4.4.1 Pola usahatani

Pola usahatani adalah suatu pola atau pedoman kegiatan yang dilakukan oleh petani pada suatu areal pertanian dengan kegiatan budidaya pertanian tertentu. Pada umumnya pola usahatani yang dilakukan di D.I. Wonosroyo adalah usahatani tanaman padi sawah dan palawija (jagung, kedelai, kacang tanah). Adapun pola usahatani yang ada di wilayah studi dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Pola budidaya tanaman padi

Budidaya tanaman padi pada umumnya dilakukan pada musim hujan (MH) atau sering disebut padi rendeng dan sebagian lagi disebut tanaman padi gadu yang ditanam pada musim kemarau (MK-I). Aktivitas budidaya tanaman padi, meliputi beberapa tahap sebagai berikut.



a. Pengolahan tanah

Pengolahan tanah untuk aktivitas budidaya tanaman padi merupakan tahap kegiatan awal, dalam rangka menyiapkan lahan sebelum tanah siap untuk ditanami. Kegiatan pengolahan tanah dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengolahan tanah pertama atau sering disebut pembajakan tanah, selanjutnya dilakukan pengolahan tanah kedua, yaitu perataan tanah.

Pengolahan tanah pertama pada umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin pertanian atau traktor dan hanya sebagian kecil yang masih menggunakan cara tradisional dengan tenaga kerja manusia dan atau ternak. Lama pengolahan tanah secara keseluruhan dalam wilayah studi adalah 40 hari.

b. Persemaian

Persemaian biasanya dilakukan bersamaan dengan pengolahan tanah pertama dan kedua. Persemaian dilakukan sebelum mulai tanam, dan diperkirakan antara 30 sampai dengan 40 hari. Pengolahan tanah untuk persemaian pada prinsipnya sama dengan pengolahan untuk tanah sawah. Penyebaran benih dilakukan setelah pengolahan tanah selesai. Luas tanah yang diperlukan untuk persemaian sebesar 5 % dari luas tanah yang akan ditanami.

Varietas tanaman padi yang ditanam pada D.I. Wonosroyo antara lain : IR-64, Wayapu Buru, Ciherang, Cisedane, Cobogo. Rata-rata kebutuhan benih padi sebesar 60 kg/ha. Sedangkan umur persemaian yang optimal berkisar antara 20 sampai dengan 25 hari.

c. Penanaman

Setelah persemaian tanaman padi mencapai umur antara 20 – 25 hari, maka penanaman bisa dimulai. Jarak tanam yang diterapkan adalah (25 x 25) cm, dengan

kebutuhan tenaga kerja untuk aktivitas penanaman sebesar 40 HKP/ha (hari kerja pria).

d. Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan, meliputi kegiatan pemberian air, penyiangan, pemupukan dan pemberantasan hama penyakit. Pemberian air irigasi merupakan hal yang utama dalam memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, dimana pada kegiatan ini meliputi pengelolaan air mulai dari pemberian air irigasi, pengaturan atau pengendalian dan pembagian air serta pembuangan air yang berlebihan agar tanaman tidak mengalami pembusukan.

Untuk penyiangan pada umumnya dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada tanaman berumur sekitar satu bulan dan dua bulan. Setiap kegiatan penyiangan diikuti dengan pemupukan. Jenis pupuk yang digunakan adalah pupuk UREA, TSP, KCL dan SP-36. Sedangkan untuk pemberantasan hama dan penyakit digunakan insektisida. Kebutuhan tenaga kerja untuk aktivitas pemeliharaan sebesar 105 HKP setiap hektar.

e. Panen dan penanganan pasca panen

Panen dan penanganan pasca panen merupakan kegiatan puncak budidaya tanaman padi. Biasanya kegiatan tersebut dilakukan dengan tenaga manusia secara bersama-sama dalam satu hari kerja. Kebutuhan tenaga kerja untuk kegiatan panen dan pasca panen rata-rata sebesar 32 HKP per hektar. Sedangkan proses produksi pada pasca panen pada umumnya dilakukan dengan menggunakan alat perontok padi maupun dengan cara tradisional, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan. Hasil produksi gabah kering inilah yang disebut gabah kering sawah. Dari pengamatan yang tercatat di wilayah studi, hasil rata-rata produksi gabah kering

sawah (GKS) berkisar antara 3,81 – 4,81 ton/ha. Produksi gabah kering sawah dipergunakan sebagai parameter produksi pertanian dalam perhitungan keuntungan atau manfaat bersih air irigasi.

2. Pola budidaya tanaman palawija

Budidaya tanaman palawija dilakukan setelah tanaman padi musim kemarau selesai dipanen. Budidaya tanaman palawija yang diterapkan di daerah studi adalah tanaman jagung dan kedelai. Urutan ini disesuaikan dengan pola tanam yang ditetapkan pada daerah studi, yaitu padi musim penghujan (MH) – padi musim kemarau (MK-I) – palawija musim kemarau (MK-II).

Kebutuhan air untuk tanaman palawija jauh lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan air untuk tanaman padi. Berdasarkan kenyataan inilah, maka diusahakan agar pola tanam di wilayah studi yang telah ditetapkan dapat terlaksana semaksimal mungkin, dengan demikian intensitas tanam diharapkan dapat meningkat.

Kegiatan budidaya tanaman palawija meliputi beberapa tahap sebagai berikut, yaitu pengolahan tanah pertama dan kedua seperti halnya tanaman padi, hanya bedanya pengolahan tanah untuk budidaya tanaman palawija perlu dilakukan pembuatan guludan untuk tanaman. Demikian pula untuk kegiatan pemeliharaan, dilakukan kegiatan penyiraman, penyiangan, pemupukan dan pemberantasan hama dan penyakit. Pola tanam yang menempatkan palawija pada musim kemarau sangat menguntungkan, karena debit air yang dialokasikan relatif lebih kecil. Dengan pengaturan pola tanam semacam ini diharapkan luas areal yang ditanami dapat dioptimalkan untuk produksi pertanian. Tentu saja faktor yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan produksi pertanian adalah ketersediaan air.

4.4.2 Hasil produksi pertanian

Kegiatan budidaya pertanian khususnya tanaman padi dan palawija adalah suatu kegiatan yang berkaitan dengan upaya untuk menghasilkan produksi pertanian yang berupa padi dan palawija. Dalam memperkirakan hasil produksi pertanian di D.I. Wonosroyo, secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : pemilihan jenis tanaman dengan varietas unggul atau lokal, proses produksi yang dimulai dengan penanaman, pemeliharaan, panen dan penanganan pasca panen. Kegiatan tersebut di atas selalu mempertimbangkan ketersediaan air irigasi untuk menopang pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan data produktivitas yang dikumpulkan oleh Dinas Pengairan dan neraca pembagian air pada setiap petak tersier pada satu daerah irigasi, berpedoman pada suatu ketentuan yang telah ditetapkan Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. Produktivitas hasil pertanian padi dan palawija pada setiap petak tersier dan setiap periode musim tanam, seperti telah ditunjukkan pada Tabel 9.

4.4.3 Biaya produksi pertanian

Besarnya biaya produksi pertanian, sangat dipengaruhi oleh besarnya harga satuan sarana produksi (saprodi) pertanian. Sarana produksi pertanian yang dimaksud antara lain : pembelian benih, pupuk, obat-obatan, tenaga kerja untuk pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, panen dan penanganan pasca panen.

Perkiraan besarnya harga satuan dari masing-masing jenis sarana produksi dalam studi ini, disesuaikan dengan harga yang berlaku pada bulan Mei tahun 2006.

Harga satuan produksi pertanian yang dihimpun oleh UPT Produksi Politeknik Negeri Jember, seperti ditunjukkan pada Lampiran 22.

Perhitungan biaya produksi pertanian per satuan luas (ha) untuk jenis tanaman padi dan palawija seperti jagung dan kedelai secara rinci dapat dilihat pada Tabel 15. Berdasarkan analisis ekonomi hasil perhitungan pada Tabel 15, dapat disimpulkan bahwa total biaya produksi per satuan luas (ha) untuk budidaya tanaman padi sebesar Rp.3,925,750,- , sedangkan total biaya produksi per satuan luas (ha) untuk budidaya tanaman palawija (jagung dan kedelai) rata-rata sebesar Rp.3,815,500,-

4.4.4 Perhitungan manfaat bersih air irigasi

Perhitungan manfaat bersih air irigasi adalah sampai seberapa baik hasil yang diinginkan dapat tercapai. Sedangkan yang dimaksud dengan manfaat bersih air irigasi per hektar adalah keuntungan hasil pertanian, yang didapatkan dari hasil penjualan produksi pertanian dikurangi dengan semua biaya sarana produksi yang dikeluarkan. Harga jual produksi pertanian didapatkan dari hasil kali antara hasil produksi rata-rata setiap hektar luas lahan yang ditanami, dengan harga satuan untuk masing-masing jenis tanaman, hasilnya dinyatakan dalam satuan (Rp./ton).

Perhitungan manfaat bersih air irigasi per hektar pada wilayah studi dilakukan untuk tiga periode musim tanam dalam setahun, yaitu tanaman padi musim hujan, tanaman padi musim kemarau dan tanaman palawija pada musim kemarau. Hasil perhitungan manfaat bersih air irigasi per hektar secara rinci ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 15. Perhitungan Biaya Produksi untuk Tanaman Padi dan Palawija (Rp./ha)

No	Jenis Aktivitas		Satuan per Unit	Padi			Palawija					
				Kebu- tuhan (Unit)	Harga Unit (Rp)	Biaya Produksi (Rp)	Jagung			Kedelai		
							Kebu- tuhan (Unit)	Harga Unit (Rp)	Biaya Produksi (Rp)	Kebu- tuhan (Unit)	Harga Unit (Rp)	Biaya Produksi (Rp)
1	2		3	4	5	6 = 4x5	7	8	9 = 7x8	10	11	12=10x11
1	Saprodi	Benih	kg/ha	60	3800	228000	15	27500	412500	5	39000	195000
		Pupuk Urea	kg/ha	275	1120	308000	200	1120	224000	150	1120	168000
		Pupuk KCl	kg/ha	175	1400	245000	150	1400	210000	200	1400	280000
		Pupuk ZA	kg/ha	0	1050	0	0	1050	0	0	1050	0
		Pupuk SP-36	kg/ha	150	1400	210000	100	1400	140000	200	1400	280000
		Insektisida	botol/ha	1.5	51500	77250	1	51500	51500	1	51500	51500
		Fungisida	botol/ha	0	97000	0	0.5	97000	48500	0.5	97000	48500
		Sub-Total				1068250			1086500			1023000
2	Tenaga Kerja	Pengolahan Tanah (PT)										
		◦ Manusia	HKP/ha	85	10000	850000	32	10500	336000	36	10500	378000
		◦ Ternak	hari/ha	0	50000	0	0	50000	0	0	50000	0
		◦ Traktor	unit/ha	1	500000	500000	1	500000	500000	1	500000	500000
		◦ Jumlah TK - PT				1350000			836000			878000
		Penanaman	HKP/ha	40	10000	400000	30	10500	315000	35	10500	367500
		Pemeliharaan	HKP/ha	105	7500	787500	90	7500	675000	100	7500	750000
		Panen & Pasca Panen	HKP/ha	32	10000	320000	80	10000	800000	90	10000	900000
		Sub-Total				2857500			2626000			2895500
		Total Biaya Produksi		Rp/ha			3925750			3712500		

Keterangan :

- Total biaya produksi padi Rp.3.925.750,- / ha
- Total biaya produksi palawija Rp.3.815.500,- / ha

Sumber : Perhitungan

Tabel 16. Hasil Perhitungan Manfaat Bersih Air Irigasi (Rp/ha)

Kel.	Kode Petak Tersier	Periode Musim Tanam	Hasil Produksi (ton/ha)	Harga per ton (x1000 Rp/ton)	Total Produksi (x1000 Rp/ha)	Biaya Produksi (x1000 Rp/ha)	Manfaat Bersih (x1000 Rp/ha)
Kelompok I	PT-01	Padi MH	4.80	2,040.00	9,792.00	3,925.75	5,866.25
		Padi MK	4.08	2,040.00	8,323.20	3,925.75	4,397.45
		Palawija	3.19	2,070.00	6,603.30	3,815.50	2,787.80
	PT-02	Padi MH	4.60	2,040.00	9,384.00	3,925.75	5,458.25
		Padi MK	4.10	2,040.00	8,364.00	3,925.75	4,438.25
		Palawija	2.97	2,070.00	6,147.90	3,815.50	2,332.40
	PT-03	Padi MH	4.40	2,040.00	8,976.00	3,925.75	5,050.25
		Padi MK	4.24	2,040.00	8,649.60	3,925.75	4,723.85
		Palawija	4.06	2,070.00	8,404.20	3,815.50	4,588.70
	PT-04	Padi MH	4.55	2,040.00	9,282.00	3,925.75	5,356.25
		Padi MK	3.95	2,040.00	8,058.00	3,925.75	4,132.25
		Palawija	2.82	2,070.00	5,837.40	3,815.50	2,021.90
Kelompok II	PT-05	Padi MH	4.75	2,040.00	9,690.00	3,925.75	5,764.25
		Padi MK	4.16	2,040.00	8,486.40	3,925.75	4,560.65
		Palawija	4.02	2,070.00	8,321.40	3,815.50	4,505.90
	PT-06	Padi MH	4.54	2,040.00	9,261.60	3,925.75	5,335.85
		Padi MK	3.86	2,040.00	7,874.40	3,925.75	3,948.65
		Palawija	2.99	2,070.00	6,189.30	3,815.50	2,373.80
	PT-07	Padi MH	4.38	2,040.00	8,935.20	3,925.75	5,009.45
		Padi MK	3.81	2,040.00	7,772.40	3,925.75	3,846.65
		Palawija	2.98	2,070.00	6,168.60	3,815.50	2,353.10
	PT-08	Padi MH	4.81	2,040.00	9,812.40	3,925.75	5,886.65
		Padi MK	4.44	2,040.00	9,057.60	3,925.75	5,131.85
		Palawija	4.03	2,070.00	8,342.10	3,815.50	4,526.60
Kelompok III	PT-09	Padi MH	4.66	2,040.00	9,506.40	3,925.75	5,580.65
		Padi MK	4.12	2,040.00	8,404.80	3,925.75	4,479.05
		Palawija	3.26	2,070.00	6,748.20	3,815.50	2,932.70
	PT-10	Padi MH	4.28	2,040.00	8,731.20	3,925.75	4,805.45
		Padi MK	3.98	2,040.00	8,119.20	3,925.75	4,193.45
		Palawija	2.88	2,070.00	5,961.60	3,815.50	2,146.10
	PT-11	Padi MH	4.55	2,040.00	9,282.00	3,925.75	5,356.25
		Padi MK	4.15	2,040.00	8,466.00	3,925.75	4,540.25
		Palawija	3.05	2,070.00	6,313.50	3,815.50	2,498.00
	PT-12	Padi MH	4.22	2,040.00	8,608.80	3,925.75	4,683.05
		Padi MK	3.97	2,040.00	8,098.80	3,925.75	4,173.05
		Palawija	2.96	2,070.00	6,127.20	3,815.50	2,311.70
Kelompok IV	PT-13	Padi MH	4.39	2,040.00	8,955.60	3,925.75	5,029.85
		Padi MK	4.21	2,040.00	8,588.40	3,925.75	4,662.65
		Palawija	3.37	2,070.00	6,975.90	3,815.50	3,160.40
	PT-14	Padi MH	4.54	2,040.00	9,261.60	3,925.75	5,335.85
		Padi MK	4.18	2,040.00	8,527.20	3,925.75	4,601.45
		Palawija	3.06	2,070.00	6,334.20	3,815.50	2,518.70
	PT-15	Padi MH	4.37	2,040.00	8,914.80	3,925.75	4,989.05
		Padi MK	3.97	2,040.00	8,098.80	3,925.75	4,173.05
		Palawija	2.91	2,070.00	6,023.70	3,815.50	2,208.20
	PT-16	Padi MH	4.76	2,040.00	9,710.40	3,925.75	5,784.65
		Padi MK	4.61	2,040.00	9,404.40	3,925.75	5,478.65
		Palawija	3.29	2,070.00	6,810.30	3,815.50	2,994.80

Tujuan dilakukan perhitungan manfaat bersih air irigasi adalah untuk menentukan parameter optimasi pada perencanaan dengan program linier, sebagai konstanta fungsi tujuan.

4.5 Ketersediaan Air Irigasi

Sumber utama air irigasi yang dapat dimanfaatkan di wilayah studi berasal dari sungai. Dalam upaya memenuhi kebutuhan air irigasi tersebut, maka dibuat bendung yang memanfaatkan Sungai Pakisan sebagai sumber air irigasi. Potensi sumber daya air sungai yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi, seperti ditunjukkan pada Lampiran 23. Sedangkan analisa frekuensi debit sungai periode 10 harian secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 24.

Besarnya ketersediaan air yang dialokasikan dari bendung melalui sistem irigasi teknis ke petak-petak tersier dalam daerah irigasi, sebagai debit *intake* seperti ditunjukkan pada Lampiran 25. Debit *intake* sebagaimana tersebut di atas, kemudian dianalisis dengan mempergunakan perhitungan analisa frekuensi debit andalan 80%, hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 26. Debit *intake* rata-rata 10 harian pada Bendung Wonosroyo tahun 1996 – 2005, adalah dasar yang dipergunakan untuk pengalokasian air irigasi pada D.I. Wonosroyo saat ini atau disebut kondisi *eksisting*.

Tujuan utama analisis perhitungan volume ketersediaan air irigasi, adalah untuk memperoleh parameter fungsi kendala dalam mengoptimasikan alokasi debit air pada perencanaan dengan program linier. Rangkuman hasil analisis debit air yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Debit Air yang Tersedia untuk Irigasi (liter/detik)

Bulan	Periode	Sungai	Intake	Limpasan
Oktober	I	1027	1027	0
	II	2455	1504	951
	III	3276	1746	1530
Nopember	I	2308	1743	565
	II	3640	1696	1944
	III	2651	1641	1010
Desember	I	2471	1797	674
	II	2110	1716	394
	III	3333	1813	1520
Januari	I	2103	1690	413
	II	4850	1515	3335
	III	5775	1792	3983
Pebruari	I	8426	1845	6581
	II	4813	1598	3215
	III	4530	1567	2963
Maret	I	3425	1638	1787
	II	2116	1697	419
	III	1834	1821	13
April	I	2340	1783	557
	II	3325	1778	1547
	III	2227	1686	541
Mei	I	1667	1552	115
	II	1481	1481	0
	III	1579	1550	29
Juni	I	1507	1435	72
	II	1479	1479	0
	III	1472	1352	120
Juli	I	1379	1341	38
	II	1245	1187	58
	III	1438	1407	31
Agustus	I	1244	1244	0
	II	1131	1131	0
	III	1081	1081	0
September	I	1045	1045	0
	II	1122	1067	55
	III	1075	1075	0

Sumber : Perhitungan

Sedangkan hubungan ketersediaan dan kebutuhan volume air irigasi pada setiap awal musim tanam (golongan A, B, C, D), dengan kondisi intensitas tanam 100 % pada setiap periode musim tanam dapat dilihat pada Gambar 7.

4.6 Perencanaan dan Pengendalian dengan Program Linier

Operasi pemanfaatan potensi air untuk irigasi dapat diartikan sebagai suatu pengaturan debit guna dialokasikan pada masing-masing petak tersier sesuai dengan kebutuhannya. Dengan optimasi pemanfaatan potensi air dalam susunan data seri selama kurun waktu tertentu, akan diperoleh manfaat yang berupa hasil produksi pertanian. Agar perhitungan optimasi dapat diselesaikan maka komponen-komponen model harus dirumuskan dalam bentuk formulasi matematika ke dalam fungsi tujuan (obyektif) dan fungsi kendala.

4.6.1 Model Perencanaan

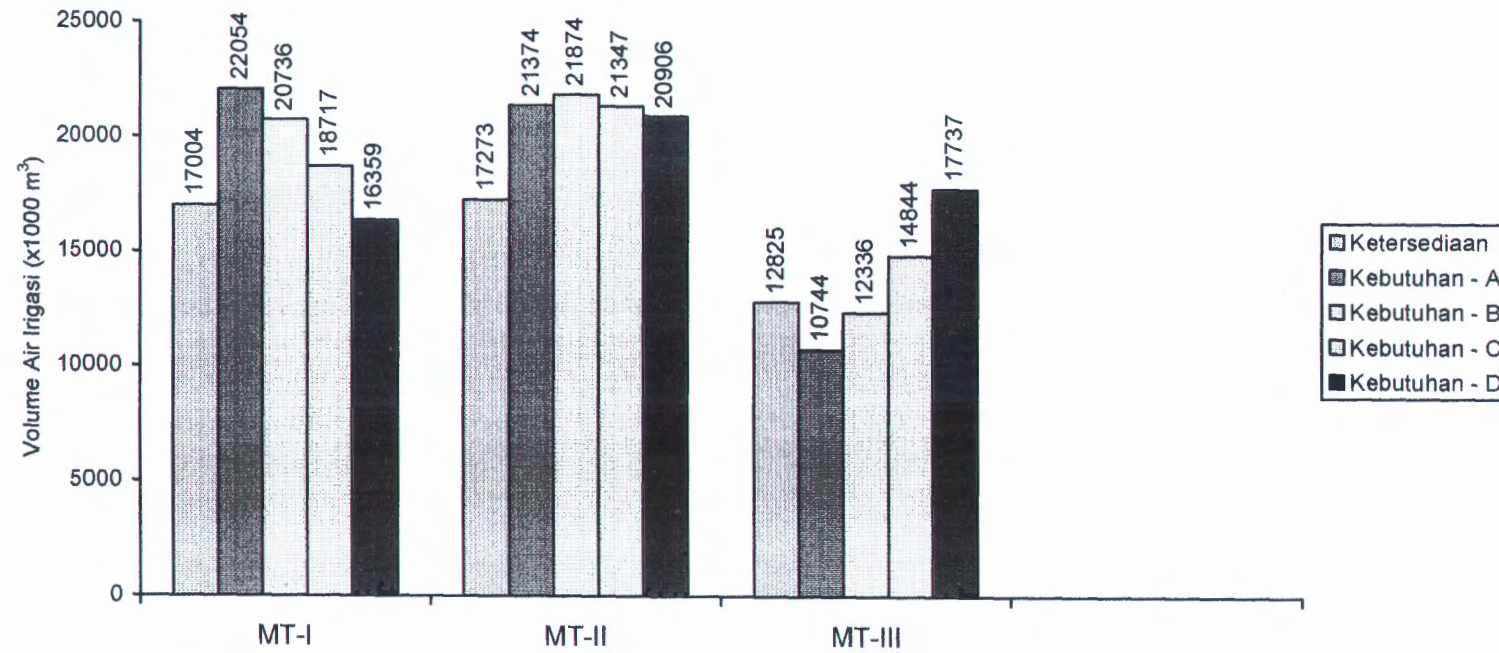
Sasaran yang hendak dicapai dalam studi ini adalah untuk memperoleh manfaat atau keuntungan yang semaksimal mungkin dalam kaitannya dengan pola usahatani yang memanfaatkan air irigasi pada lahan pertaniannya. Model matematis fungsi tujuan sebagaimana telah diuraikan pada Bab III adalah sebagai berikut.

$$\text{Fungsi tujuan :} \quad \text{Maks. } Z = \sum_{i=1}^{16} P_{ij} \cdot X_{ij}$$

dimana P_{ij} merupakan besarnya parameter yang didapatkan dari hasil usaha pertanian (Rp./ha) untuk setiap periode musim tanam. Adapun parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 18.

Sedangkan fungsi kendala dalam optimasi alokasi debit air irigasi adalah sumberdaya yang berupa volume kebutuhan air irigasi, luas lahan yang dapat

Gambar 7. Hubungan Volume Air yang Tersedia dengan Kebutuhan Air Irigasi pada Kondisi Lahan 100 % Ditanami



ditanami dan volume air yang tersedia. Komponen model fungsi kendala volume kebutuhan air irigasi dan volume ketersediaan air irigasi, seperti ditunjukkan pada Tabel 19.

Tabel 18. Parameter Keuntungan (P_{ij}) dalam Analisis Perencanaan

Petak Tersier	Keuntungan Pemanfaatan Air Irigasi (Rp/ha)		
	Musim Tanam Periode		
	I	II	III
01	5,866,250,-	4,397,450,-	2,787,800,-
02	5,458,250,-	4,438,250,-	2,332,400,-
03	5,050,250,-	4,723,850,-	4,588,700,-
04	5,356,250,-	4,132,250,-	2,021,900,-
05	5,764,250,-	4,560,650,-	4,505,900,-
06	5,335,850,-	3,948,650,-	2,373,800,-
07	5,009,450,-	3,846,650,-	2,353,100,-
08	5,886,650,-	5,131,850,-	4,526,600,-
09	5,580,650,-	4,479,050,-	2,932,700,-
10	4,805,450,-	4,193,450,-	2,146,100,-
11	5,356,250,-	4,540,250,-	2,498,000,-
12	4,683,050,-	4,173,050,-	2,311,700,-
13	5,029,850,-	4,662,650,-	3,160,400,-
14	5,335,850,-	4,601,450,-	2,518,700,-
15	4,989,050,-	4,173,050,-	2,208,200,-
16	5,784,650,-	5,478,650,-	2,994,800,-

Sumber : Perhitungan

Tabel 19. Volume Kebutuhan dan Ketersediaan Air Irigasi

Volume Air Irigasi	Musim Tanam Periode		
1. Kebutuhan (m^3/ha), untuk :	I	II	III
o Golongan – A	9 568	9 273	4 661
o Golongan – B	8 996	9 490	5 352
o Golongan – C	8 120	9 261	6 440
o Golongan – D	7 097	9 070	7 695
2. Ketersediaan (m^3)	17 003 520	17 273 088	12 825 216

Sumber : Perhitungan

Kendala luas lahan yang dapat ditanami (X_{ij}), adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 X_{1j} &\leq 106 & X_{2j} &\leq 151 & X_{3j} &\leq 110 & X_{4j} &\leq 137 \\
 X_{5j} &\leq 164 & X_{6j} &\leq 157 & X_{7j} &\leq 191 & X_{8j} &\leq 103 \\
 X_{9j} &\leq 148 & X_{10j} &\leq 105 & X_{11j} &\leq 138 & X_{12j} &\leq 102 \\
 X_{13j} &\leq 164 & X_{14j} &\leq 144 & X_{15j} &\leq 179 & X_{16j} &\leq 206 \\
 X_{1j} + X_{2j} + \dots + X_{16j} &\leq 2305
 \end{aligned}$$

Bentuk formulasi model perencanaan dan pengendalian dengan program linier secara lengkap, disajikan pada Lampiran 27.

4.6.2 Analisis Perencanaan

Tujuan utama yang hendak dicapai dalam studi kasus ini adalah merencanakan dan mengendalikan jumlah debit air yang dapat dialokasikan pada sistem irigasi teknis dengan program linier. Oleh karena itu perlu mencari penyelesaian secara optimal, agar diperoleh output yang maksimal dengan keterbatasan input yang tersedia.

Program linier dalam perencanaan ini pada dasarnya mencari variabel sasaran yang berupa luas lahan yang dapat ditanami (X_{ij}), sehingga pada akhirnya dapat dipergunakan untuk menentukan alokasi debit air irigasi. Sedangkan penyaluran air irigasi dikendalikan dengan bangunan ukur dan bangunan bagi yang terdapat pada sistem jaringan irigasi teknis.

Faktor utama dalam penyelesaian masalah dengan program linier pada studi kasus ini, sangat tergantung pada volume kebutuhan air irigasi, luas lahan yang dapat ditanami, volume ketersediaan air dan keuntungan atau manfaat bersih air irigasi per hektar.

Berdasarkan formulasi dalam perencanaan yang telah ditentukan pada Lampiran 27, maka proses perhitungan untuk menentukan solusi optimum pada program linier dilakukan dengan bantuan perangkat komputer yang dilengkapi perangkat lunak POM (*Program Operation for Management*). Dengan memasukkan input nilai parameter fungsi tujuan dan fungsi kendala pada modul program linier yang terdapat pada perangkat lunak POM, maka akan diperoleh hasil (output) dari komponen-komponen variabel dan nilai maksimum dari fungsi tujuan. Hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan program linier pada setiap periode musim tanam dan alternatif awal musim tanam (golongan A, B, C, D), ditunjukkan pada Lampiran 28.

Berdasarkan solusi optimum seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 28, maka dapat ditentukan besarnya intensitas tanam setiap periode musim tanam dan intensitas tanam dalam kurun waktu satu tahun. Disamping itu dapat diperoleh gambaran keuntungan atau pemanfaatan bersih air irigasi. Perencanaan luas lahan yang dapat ditanami, intensitas tanam dan manfaat bersih air irigasi disajikan pada

Tabel 20. Sedangkan rangkuman hasil perhitungan luas lahan, intensitas tanam dan manfaat bersih air irigasi pada kondisi eksisting atau sebelum perencanaan disajikan pada Tabel 21 dan rincian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 29.

4.6.3 Hasil Perencanaan

Hasil perencanaan dan pengendalian alokasi debit air irigasi dengan program linier dalam studi kasus di D.I. Wonosroyo, adalah sebagai berikut.

1. Alokasi debit air berdasarkan sistem golongan

Alokasi debit air irigasi berdasarkan sistem golongan, ditetapkan dengan 4 (empat) golongan yaitu golongan A, B, C, D. Golongan A awal masa tanam ditetapkan mulai tanggal 1 Oktober, selanjutnya secara berurutan untuk golongan B, C dan D dengan selang waktu 10 hari. Berdasarkan hasil perencanaan dengan bantuan program linier, dinyatakan bahwa pemanfaat volume air tersedia hampir tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sepanjang tahun.

Pada musim tanam periode I (MT-I), hanya golongan D yang dapat terpenuhi dengan volume air yang tersedia, sedangkan untuk alternatif golongan A, B, C tidak dapat terpenuhi 100 %. Oleh karena itu luas lahan yang tersedia tidak dapat seluruhnya diusahakan untuk menanam padi pada musim tanam periode I. Demikian juga pada musim tanam periode II (MT-II), volume air yang tersedia tidak mampu memenuhi kebutuhan air irigasi seluruh lahan yang ada, pada semua alternatif golongan. Sedangkan pada musim tanam periode III (MT-III), untuk golongan A dan B dapat terpenuhi dengan volume air yang tersedia, namun untuk alternatif golongan C dan D tidak dapat terpenuhi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat kembali pada Gambar 7.

Tabel 20. Perencanaan Luas Lahan, Intensitas Tanam dan Manfaat Air Irigasi

Variabel (X _{ij})	Petak Tersier	Baku Sawah	Luas Tanam Alternatif Golongan A (ha)			Luas Tanam Alternatif Golongan B (ha)		
			I	II	III	I	II	III
X ₁	PT-01	106	106	106	106	106	106	106
X ₂	PT-02	151	151	151	151	151	151	151
X ₃	PT-03	110	110	110	110	110	110	110
X ₄	PT-04	137	137	43	137	137	137	137
X ₅	PT-05	164	164	164	164	164	164	164
X ₆	PT-06	157	157	0	157	157	157	157
X ₇	PT-07	191	49	0	191	162	191	191
X ₈	PT-08	103	103	103	103	103	103	103
X ₉	PT-09	148	148	148	148	148	148	148
X ₁₀	PT-10	105	0	105	105	0	105	105
X ₁₁	PT-11	138	138	138	138	138	138	138
X ₁₂	PT-12	102	0	102	102	0	102	102
X ₁₃	PT-13	164	164	164	164	164	164	164
X ₁₄	PT-14	144	144	144	144	144	144	144
X ₁₅	PT-15	179	0	179	179	0	179	179
X ₁₆	PT-16	206	206	206	206	206	206	206
Jumlah (ha)		2305	1777	1863	2305	1890	2305	2305
Intensitas Tanam (%)			77	81	100	82	100	100
Intensitas Tanam / tahun (%)			258			282		
Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)			9,720,826.00	8,567,257.00	6,590,010.00	10,286,820.00	10,311,550.00	6,590,010.00
Total Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)			24,878,093.00			27,188,380.00		

Sumber : Perhitungan

Tabel 20. Perencanaan Luas Lahan, Intensitas Tanam dan Manfaat Air Irigasi (lanjutan)

Variabel (X _{ij})	Petak Tersier	Baku Sawah	Luas Tanam Alternatif Golongan C (ha)			Luas Tanam Alternatif Golongan D (ha)		
			I	II	III	I	II	III
X ₁	PT-01	106	106	106	106	106	106	106
X ₂	PT-02	151	151	151	151	151	151	36
X ₃	PT-03	110	110	110	110	110	110	110
X ₄	PT-04	137	137	45	0	137	80	0
X ₅	PT-05	164	164	164	164	164	164	164
X ₆	PT-06	157	157	0	157	157	0	157
X ₇	PT-07	191	191	0	191	191	0	191
X ₈	PT-08	103	103	103	103	103	103	103
X ₉	PT-09	148	148	148	148	148	148	148
X ₁₀	PT-10	105	0	105	0	105	105	0
X ₁₁	PT-11	138	138	138	138	138	138	138
X ₁₂	PT-12	102	0	102	102	102	102	0
X ₁₃	PT-13	164	164	164	164	164	164	164
X ₁₄	PT-14	144	144	144	144	144	144	144
X ₁₅	PT-15	179	175	179	107	179	179	0
X ₁₆	PT-16	206	206	206	206	206	206	206
Jumlah (ha)		2305	2094	1865	1991	2305	1900	1667
Intensitas Tanam (%)			91	81	86	100	82	72
Intensitas Tanam / tahun (%)			258			254		
Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)			11,304,710.00	8,577,230.00	5,929,779.00	12,306,710.00	8,721,300.00	5,187,718.00
Total Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)			25,811,719.00			26,215,728.00		

Sumber : Perhitungan

Tabel 21. Hasil Perhitungan Luas Lahan, Intensitas Tanam dan Manfaat Air Irigasi Sebelum Perencanaan (Kondisi Eksisting)

Variabel (X _{ij})	Petak Tersier	Baku Sawah	Rata-rata Luas Tanam (ha)			Manfaat Bersih Air Irigasi (x1000 Rp)		
			I	II	III	I	II	III
X ₁	PT-01	106	106	79	58	621,822.50	347,398.55	161,692.40
X ₂	PT-02	151	151	111	54	824,195.75	492,645.75	125,949.60
X ₃	PT-03	110	110	91	33	555,527.50	429,870.35	151,427.10
X ₄	PT-04	137	137	123	50	733,806.25	508,266.75	101,095.00
X ₅	PT-05	164	164	137	46	945,337.00	624,809.05	207,271.40
X ₆	PT-06	157	157	140	35	837,728.45	552,811.00	83,083.00
X ₇	PT-07	191	191	169	30	956,804.95	650,083.85	70,593.00
X ₈	PT-08	103	103	72	48	606,324.95	369,493.20	217,276.80
X ₉	PT-09	148	148	124	46	825,936.20	555,402.20	134,904.20
X ₁₀	PT-10	105	105	91	45	504,572.25	381,603.95	96,574.50
X ₁₁	PT-11	138	138	94	51	739,162.50	426,783.50	127,398.00
X ₁₂	PT-12	102	100	76	76	468,305.00	317,151.80	175,689.20
X ₁₃	PT-13	164	153	106	92	769,567.05	494,240.90	290,756.80
X ₁₄	PT-14	144	137	101	79	731,011.45	464,746.45	198,977.30
X ₁₅	PT-15	179	165	143	114	823,193.25	596,746.15	251,734.80
X ₁₆	PT-16	206	178	145	121	1,029,667.70	794,404.25	362,370.80
Jumlah (ha)		2305	2243	1802	978			
Intensitas Tanam (%)			97	78	42			
Intensitas Tanam / tahun (%)			218					
Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)						11,972,962.75	8,006,457.70	2,756,793.90
Total Manfaat Air Irigasi (x1000 Rp)			-			22,736,214.35		

2. Perencanaan luas lahan yang dapat ditanami

Berdasarkan hasil perhitungan dengan program linier serta memperhatikan keterbatasan sumber daya yang ada, maka luas lahan yang dapat ditanami di seluruh D.I. Wonosroyo pada MT-I, sebesar 1777 ha dengan keuntungan maksimal pemanfaatan air irigasi sebesar Rp. 9,720,826,000,-. Hal ini terjadi pada alternatif golongan A dengan awal masa tanam 1 Oktober. Pada MT-II luas lahan optimal yang dapat ditanami sebesar 1 863 ha dengan keuntungan maksimal sebesar Rp. 8,567,257,000,-. Sedangkan pada MT-III luas lahan optimal yang dapat ditanami sebesar 2305 ha dengan keuntungan maksimal sebesar Rp. 6,590,010,000,-. Sehingga total keuntungan yang diperoleh selama kurun waktu satu tahun untuk alternatif perencanaan golongan A, sebesar Rp. 24,878,093,000,-.

Pergeseran perencanaan alokasi debit pada alternatif golongan A dengan awal masa tanam dari tanggal 1 Oktober ke alternatif golongan B dengan awal masa tanam tanggal 11 Oktober, memberikan nilai total keuntungan yang relatif meningkat sebesar Rp. 2,310,287,000,- atau meningkat sebesar 9,29 %, menjadi sebesar Rp. 27,188,380,000,-. Luas lahan yang dapat ditanami pada MT-I sebesar 1890 ha, pada MT-II sebesar 2305 ha, dan pada MT-III sebesar 2305 ha.

Total keuntungan yang diperoleh pada perencanaan dengan alternatif golongan C, relatif menurun dibandingkan dengan alternatif golongan B tetapi masih lebih tinggi dibandingkan dengan alternatif golongan A. Luas lahan yang dapat ditanami pada MT-I sebesar 2094 ha, pada MT-II sebesar 1865 ha, dan pada MT-III sebesar 1991 ha. Total keuntungan yang dapat diperoleh sebesar Rp. 25,811,719,000,-. Sedangkan pada alternatif golongan D, total keuntungan yang diperoleh dibandingkan dengan alternatif golongan A dan C relatif lebih tinggi, yaitu

sebesar Rp.26,215,728,000,-. Meskipun secara kuantitatif luas lahan yang dapat ditanami relatif lebih kecil, namun secara kualitatif manfaat bersih air irigasi yang diperoleh lebih tinggi. Perencanaan luas lahan optimal yang memperoleh keuntungan maksimal pada setiap periode musim tanam dan alternatif golongan A, B, C, D secara lengkap dapat dilihat kembali pada Tabel 20.

3. Kinerja perencanaan alokasi debit dengan program linier

Dalam tahap ini akan dilakukan peninjauan kinerja model sistem alokasi debit yang ada (kondisi eksisting) dibandingkan dengan hasil perencanaan. Model perencanaan alokasi debit dilakukan dengan cara mengoptimalkan luas lahan yang dapat ditanami.

Hasil perhitungan luas lahan yang dapat ditanami, intensitas tanam dan manfaat yang diperoleh dari air irigasi pada kondisi eksisting sebelum dilakukan perencanaan, telah ditunjukkan pada Tabel 21. Pada kondisi yang ada sekarang ini, petani pada MT-I cenderung mengupayakan seluruh areal sawah dapat ditanami karena mereka merasa yakin bahwa tanaman yang diusahakan akan terjamin kebutuhan airnya. Sehingga luas lahan yang ditanami mencapai 2243 ha, dengan intensitas tanam mencapai 97 %. Keuntungan yang dapat diperoleh sebesar Rp. 11,972,962,750,-. Keuntungan yang diperoleh pada MT-II sebesar Rp.8,006,457,700,- relatif menurun 33 % jika dibandingkan dengan MT-I. Luas lahan yang ditanami pada MT-II sebesar 1802 ha dengan intensitas tanam sebesar 78 %. Sedangkan pada MT-III luas lahan yang ditanami hanya mencapai 978 ha dengan intensitas tanam sebesar 42 %. Keuntungan yang diperoleh sebesar Rp.2,756,793,900,- menurun relatif sangat besar dibandingkan dengan MT-I dan

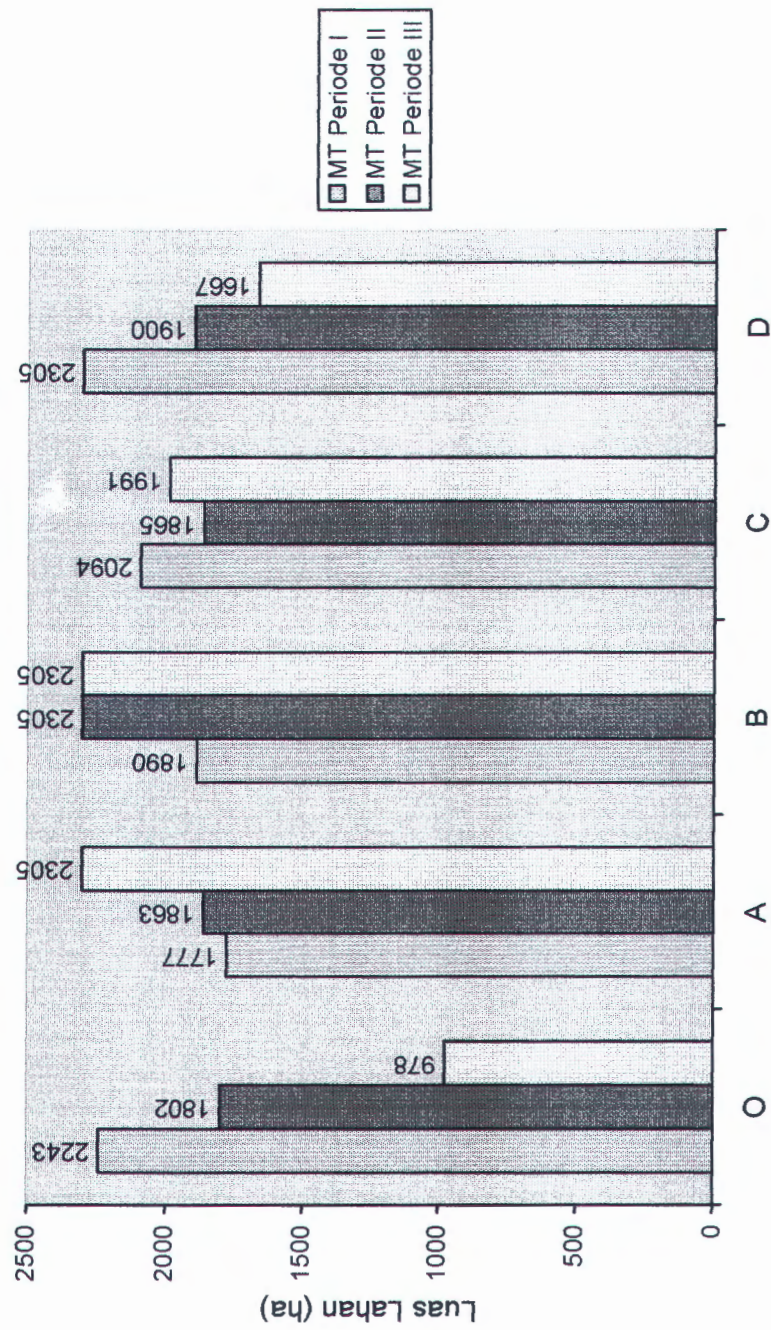
MT-II. Total keuntungan yang diperoleh selama kurun waktu satu tahun sebesar Rp. 22,736,214,350,-.

Evaluasi kinerja pada kondisi eksisting dibandingkan dengan hasil perencanaan dengan program linier, ditentukan oleh seberapa besar luas lahan yang dapat ditanami sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal dan intensitas tanam yang tinggi. Perbandingan luas lahan yang dapat ditanami pada setiap periode musim tanam pada kondisi eksisting (O), dibandingkan dengan kondisi setelah dilakukan perencanaan dengan alternatif golongan A, B, C, D, dapat dilihat pada Gambar 8.

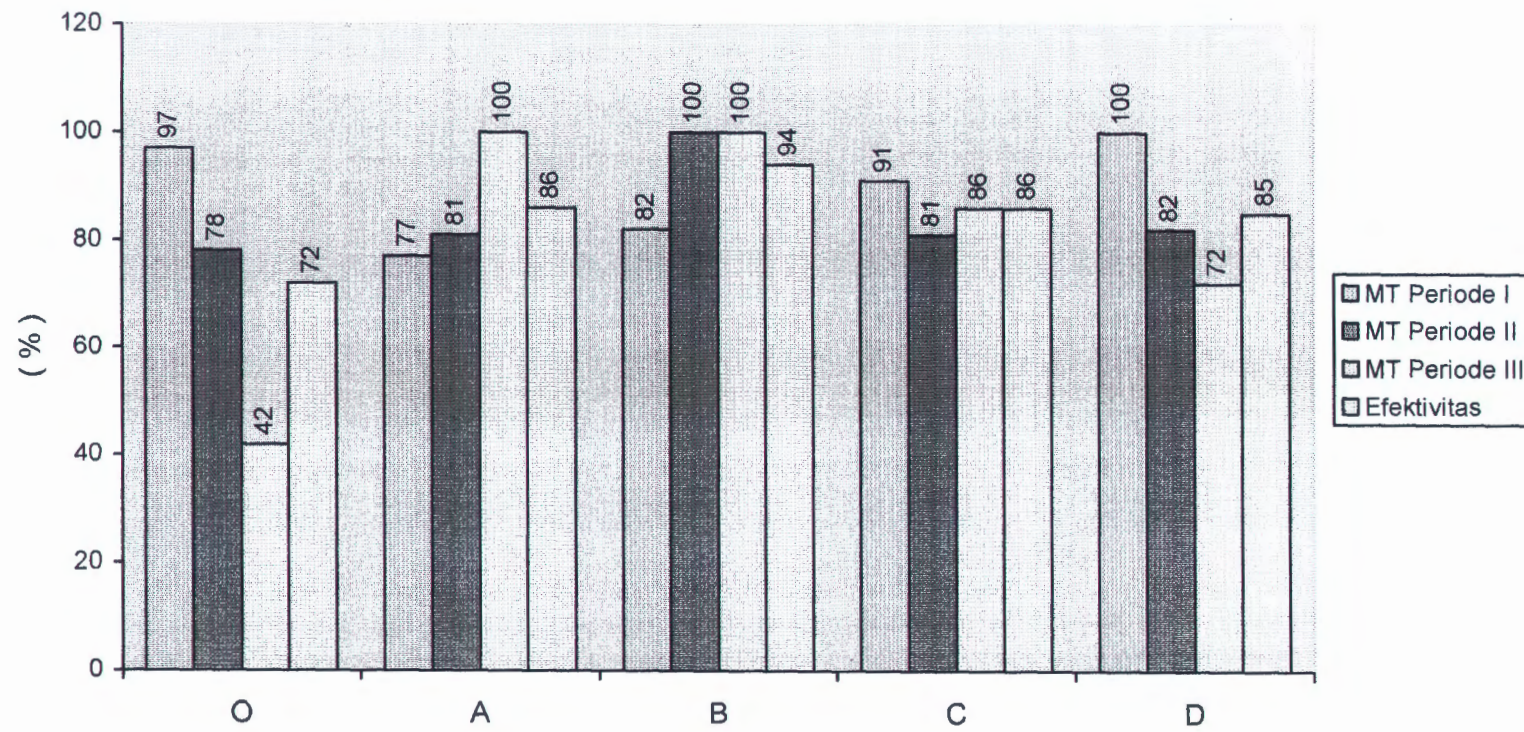
Luas lahan yang dapat ditanami pada kondisi eksisting cenderung semakin menurun dengan tajam, sedangkan dari hasil perencanaan dan pengendalian dengan program linier cenderung berflutuasi dan secara kuantitatif meningkat dibandingkan dengan kondisi eksisting. Hal ini dapat dibuktikan bahwa efektivitas luas lahan yang dapat ditanami rata-rata dalam kurun waktu satu tahun perencanaan pada kondisi eksisting sebesar 72 %, sedangkan setelah dilakukan perencanaan meningkat antara 13 % sampai dengan 22 %. Kenaikan efektivitas tertinggi terjadi pada alternatif perencanaan golongan B dengan awal masa tanam tanggal 11 Oktober. Sedangkan perbandingan intensitas tanam setiap periode musim tanam cenderung berflukuasi dan secara kuantitatif meningkat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.

Evaluasi kinerja yang membandingkan antara intensitas tanam dengan keuntungan yang bisa diperoleh selama kurun waktu satu tahun perencanaan secara jelas ditunjukkan pada Gambar 10. Pada kondisi eksisting dimana intensitas tanam selama kurun waktu satu tahun sebesar 218 %, sedangkan intensitas tanam setelah

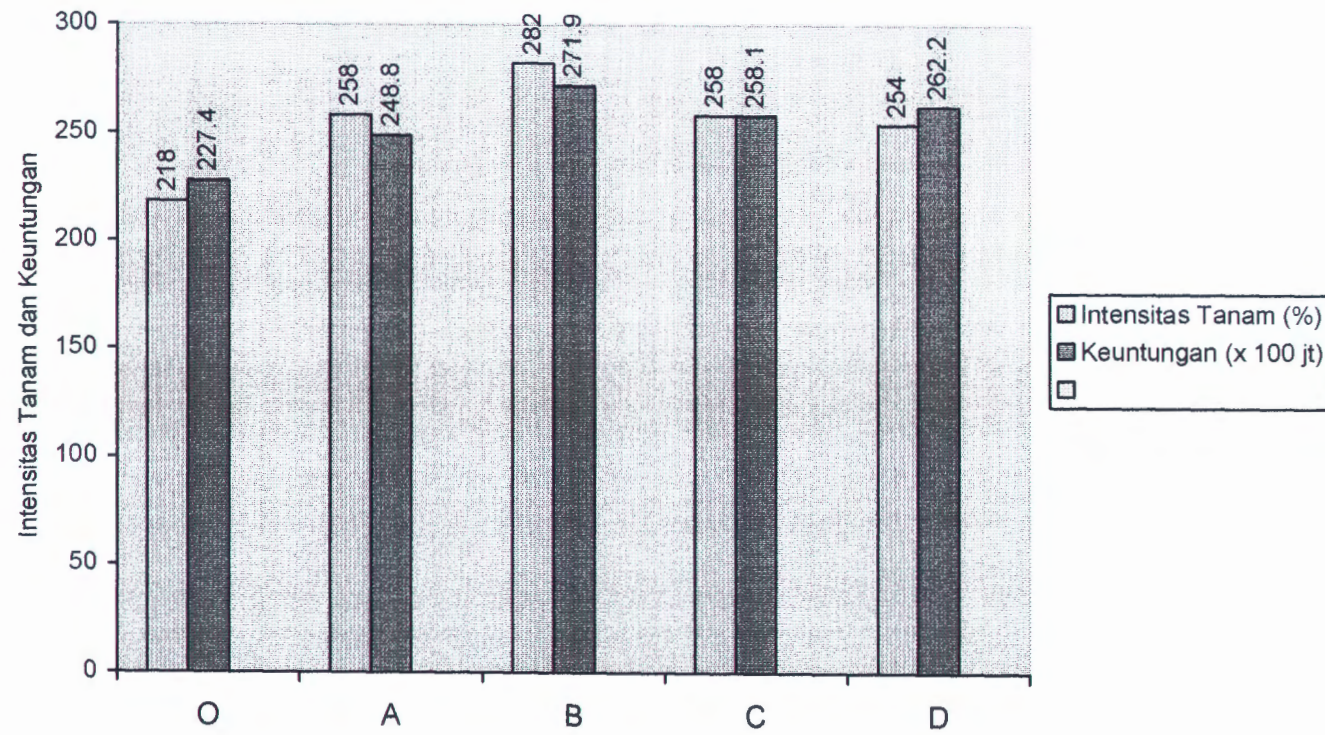
Gambar 8. Perbandingan Luas Lahan Yang Dapat Ditanami



Gambar 9. Perbandingan Intensitas Tanam Setiap Periode dan Efektivitas



Gambar 10. Perbandingan Intensitas Tanam dengan Keuntungan dalam Kurun Waktu Satu Tahun Perencanaan



perencanaan berkisar antara 254 % sampai dengan 282 % atau meningkat antara 36 % sampai dengan 64 %. Peningkatan intensitas tanam tertinggi terjadi pada alternatif perencanaan golongan B, dengan total keuntungan tertinggi yang dapat diperoleh, yaitu sebesar Rp.27,188,380,000,-. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang memperoleh total keuntungan sebesar Rp.22,736,214,350,-, maka peningkatan keuntungan tersebut sebesar Rp.4,452,165,650,- atau meningkat sebesar 19,58 %.

4. Pengendalian alokasi debit air

Perencanaan alokasi debit air dengan penerapan sistem golongan pada dasarnya bertujuan agar dapat mengurangi debit puncak. Pengaturan dan pengendalian alokasi debit air melalui sistem jaringan irigasi teknis, perlu mendapat perhatian agar sesuai dengan perencanaan yang telah dihitung dengan bantuan program linier.

Mengingat D.I. Wonosroyo merupakan salah satu daerah yang diandalkan sebagai stok pangan nasional untuk Propinsi Jawa Timur, serta dengan pertimbangan ketersediaan air maupun pertimbangan aspek sosial, maka dapat disarankan bahwa alternatif perencanaan golongan B dengan awal masa tanam tanggal 11 Oktober pada pola tata tanam yang direncanakan bersama, merupakan alternatif yang paling layak diantara alternatif yang lain.

Pemilihan alternatif terbaik pada pola tata tanam dengan pergeseran awal masa tanam dari tanggal 1 Oktober menjadi 11 Oktober dan sistem pengendalian yang baik, diharapkan air irigasi dapat mencapai petak-petak tersier dalam jumlah, waktu dan tempat dengan tepat sesuai dengan kebutuhan.

Intensitas tanaman padi setiap musim tanam pada kondisi eksisting rata-rata sebesar 87,5 %. Hal ini ternyata dapat ditingkatkan secara maksimal menjadi 91 % atau meningkat sebesar 3,5 %. Sedangkan tanaman palawija yang ditanam pada musim kemarau, intensitas tanam pada kondisi sekarang sebesar 42 %, ternyata dapat ditingkatkan sampai mencapai maksimal 100 % atau meningkat sebesar 58 % pada kondisi perencanaan alternatif golongan B.

Peningkatan intensitas tanaman palawija jauh lebih besar dibandingkan dengan tanaman padi, hal ini dikarenakan tanaman padi sudah menjadi prioritas utama dalam pelaksanaan pola tanam di daerah studi. Disamping itu infra struktur jaringan irigasi yang telah disediakan oleh pemerintah, salah satu tujuan utamanya adalah untuk memfasilitasi petani pemakai air untuk menanam padi sebagai upaya memenuhi kebutuhan pokok akan pangan bagi rakyat Indonesia. Oleh karena itu pola tanam padi-padi-palawija merupakan ketetapan pemerintah yang dilaksanakan petani yang memanfaatkan air irigasi sebagai sarana produksi.

Kebijakan pemerintah menentukan pola tanam bagi petani mempunyai konsekuensi, yaitu pemerintah harus secara adil menetapkan harga jual padi yang telah dihasilkan dengan pantas. Sehingga secara ekonomis petani sebagai produsen harus tetap mendapatkan keuntungan yang layak. Harga komoditas tanaman padi yang berkembang di pasar, yang sekiranya merugikan petani penghasil padi, maka pemerintah turut serta mengendalikan khususnya pada saat panen raya, sehingga harga jual tidak jatuh. Apabila kondisi ini terjalin dengan baik, maka petani dengan suka cita akan melaksanakan pola tanam sesuai dengan anjuran pemerintah. Dengan demikian ketahanan pangan secara nasional dapat tercapai dan swasembada pangan dapat diraih.

Sementara itu intensitas tanaman palawija perlu ditingkatkan semaksimal mungkin, sehingga pemanfaatan air irigasi betul-betul optimal. Dengan demikian efektivitas penggunaan lahan semakin tinggi dan produktivitas semakin meningkat, yang mengakibatkan keuntungan yang diperoleh petani semakin besar, sehingga kesejahteraan juga akan meningkat.

Sebagai solusi akhir, kebijaksanaan mengenai penetapan dan pengaturan alokasi debit air irigasi untuk seluruh D.I. Wonosroyo, sebagaimana telah diuraikan pada Tabel 20. Langkah selanjutnya bahwa alokasi debit yang telah ditetapkan, harus dilaksanakan sesuai dengan perencanaan sehingga alternatif yang terpilih betul-betul layak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dan pembahasan dalam studi ini, maka terdapat beberapa hal penting yang dapat disimpulkan, yaitu :

1. Volume ketersediaan air pada kondisi eksisting tidak mampu memenuhi kebutuhan air bagi tanaman pada daerah irigasi sepanjang tahun. Intensitas tanam yang mampu diupayakan pada kondisi eksisting sebesar 218 %, dengan total keuntungan sebesar Rp.22,736,214,350,-
2. Hasil perencanaan yang layak disarankan adalah alternatif golongan B, dimana penetapan awal masa tanam dimulai tanggal 11 Oktober. Alternatif golongan B menghasilkan total keuntungan sebesar 27,188,380,000,- meningkat 19,58 %, sedangkan intensitas tanam dalam kurun waktu satu tahun mencapai 282 %, meningkat sebesar 64 % dibandingkan dengan kondisi eksisting.
3. Hasil perencanaan dapat meningkatkan intensitas tanaman padi rata-rata sebesar 3,5 % (dari 87,5 % menjadi 91 %), untuk tanaman palawija meningkat dari 42 % menjadi 100 %. Sedangkan efektivitas penggunaan lahan pertanian di daerah irigasi mencapai 94 %, sementara pada kondisi eksisting sebesar 72 %.
4. Penetapan kebijaksanaan alokasi debit air yang terpilih, harus dikendalikan melalui sistem jaringan irigasi teknis sesuai dengan perencanaan. Dengan demikian kebutuhan air bagi tanaman dapat dipenuhi secara tepat dalam jumlah, waktu, tempat dan kualitasnya.

5. Model perencanaan dengan program linier ini, sangat membantu bagi para pengambil keputusan dalam mengalokasikan debit air irigasi pada petak-petak tersier secara adil sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

5.2 Saran

Dalam upaya menindaklanjuti hasil penelitian agar lebih berdaya guna dalam membantu menyelesaikan berbagai permasalahan, maka disarankan sebagai berikut.

1. Penerapan di lapang model perencanaan dan pengendalian alokasi debit pada sistem irigasi teknis, diperlukan pengkajian yang lebih mendalam dan teliti terutama masalah input data. Sebab solusi terbaik dalam perencanaan ini sangat tergantung pada keakuratan data input yang dipakai.
2. Model perencanaan ini masih perlu dikembangkan untuk berbagai kombinasi jenis tanaman pada suatu areal pertanian, terutama tanaman yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Sehingga efektivitas penggunaan lahan betul-betul maksimal, dengan misi "*The Spirit of Indonesian Modern Farmer Commitment*".

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 1 (1986). *Standart Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi (KP-01)*. Sub Direktorat Perencanaan Teknis Direktorat Irigasi I. Dirjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, C.V. Galang Persada, Bandung.
- Anonim 2 (1986). *Standart Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Petak Tersier (KP-05)*. Sub Direktorat Perencanaan Teknis Direktorat Irigasi I. Dirjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, C.V. Galang Persada, Bandung.
- Anwar, N. (1996). *Modul : Analisa Sistem dan Riset Operasional*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt (1977). *Guidelines for Prediciting Crop Water Requirement, Irrigation and Drainage Paper 14*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Effendi, R., Obin, T., dan Sofyan, D.M.T (1987). *Kebutuhan Air Tanaman Padi, Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan No.6 Th.2-KW.II, hal.68-76*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Gasperz, V. (1992). *Analisa Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsito, Bandung.
- Hansen, V.E., Israelsen, O.W. dan G.E. Stringham (1974). *Irrigation Principles and Practices*. Fourth Edition, John Willey and Sons, Inc., London.
- Hillier, F.S. and G.J. Lieberman (1995). *Introduction to Operations Research*. Sixth Edition, Mc Graw Hill International Editions.
- Murthy, D.N.P. and Radin, E.Y. (1990). *Mathematical Modelling*. Pergaman Press, England.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. (1980). *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suranto, D.D. dan Supriyono (1989). *Tata Air Untuk Pertanian*. Politeknik Pertanian Universitas Jember.
- Simatupang, T.M. (1995). *Pemodelan Sistem*. Nindita, Klaten.
- Taha, H.A. (1996). *Operation Research : An Introduction*. Macmillan Publishing Co, Inc, New York.
- Wilson, E.M. (1989) *Engineering Hydroulogy*. Macmillan and Co., Ltd., London.

Lampiran 1. Luas Baku Sawah Setiap Daerah Irigasi di Kabupaten Bondowoso

No.	Daerah Irigasi	Baku Sawah Tahun Tanam (ha)				
		01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
A	UPTD BONDOWOSO					
1	Deluang	572	572	617	687	687
2	Gubri Hulu	667	687	692	692	762
3	Gubri Teknis	628	628	628	628	628
4	Gunung Piring	929	929	938	938	962
5	Kabuaran	736	736	736	736	739
6	Selokambing	3051	3072	3072	3157	3175
	Sub-Total	6583	6624	6683	6838	6953
B	UPTD GRUJUGAN					
1	Kejayan Grujugan	547	547	547	547	547
2	Clangap	3033	3033	3033	3033	3033
3	Panggang	376	376	376	376	376
4	Arjasa	296	296	296	296	296
5	Sumber Pakem	662	662	662	662	662
6	Suger	574	574	574	574	574
7	Sampean Hulu	398	398	398	398	398
8	Pager Gunung Grujugan	383	383	383	383	383
9	Pring Jagung	179	179	179	179	179
	Sub-Total	6448	6448	6448	6448	6448
C	UPTD WONOSARI					
1	Garu	919	919	919	919	919
2	Kejayan Wonosari	1129	1129	1129	1129	1129
3	Pinang Pait Wonosari	2264	2264	2264	2264	2264
4	Wonosroyo	2707	2705	2702	2702	2702
	Sub-Total	7019	7017	7014	7014	7014
D	UPTD PRAJEKAN					
1	Pager Gunung Prajejan	1177	1177	1177	1177	1203
2	Klampokan	609	609	593	593	593
3	Banyumas	678	678	678	678	718
4	Bluncong	455	455	455	455	560
5	Sampean Baru	1777	1777	1839	1839	1880
6	Curah Jeru	272	272	272	272	272
7	Gumbolo	242	242	252	252	242
8	Majid	218	218	207	207	207
	Sub-Total	5428	5428	5473	5473	5675
E	UPTD TLOGOSARI					
1	Pakisan	1941	1941	1941	1941	1941
2	Tlogo	773	773	773	773	773
3	Pinang Pait Pakisan	2631	2631	2631	2631	2630
	Sub-Total	5345	5345	5345	5345	5344
30	Jumlah Total	30823	30862	30963	31118	31434

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 2. Tekanan Uap Jenuh Terhadap Suhu Udara Rata-rata (mbar)

Suhu (T)	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea	mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Suhu (T)	°C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea	mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 3. Nilai Fungsi Kecepatan Angin $f(u) = 0.27 (1 + U/100)$ dalam (km/hari)

Kecepatan Angin (km/hari)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.00	0.30	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.49	0.51
100	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.67	0.70	0.73	0.76	0.78
200	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92	0.94	0.97	1.00	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.30	1.32
400	1.35	1.38	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.90
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2.00	2.02	2.05	2.08	2.11	2.15
700	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.38	2.40
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.62	2.64	2.65
900	2.70									

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 4. Nilai Faktor Pemberat (1-W) untuk Efek Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara pada ETo dalam Hubungan Suhu dan Ketinggian

Suhu (T) °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W Altitude (m)																				
0	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
500	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
1000	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
2000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
3000	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
4000	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.10

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 5. Nilai Faktor Pemberat (W) untuk Efek Radiasi pada ETo dalam Hubungan Suhu dan Ketinggian

Suhu (T) °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W Altitude (m)																				
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
4000	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.90

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 6. Besaran Nilai Angot (Ra) dalam Hubungan dengan Letak Lintang (mm/hari)

Bulan	Derajad Lintang Utara (LU)					Equator	Derajad Lintang Selatan (LS)				
	10	8	6	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13.2	13.6	13.9	14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.8	16.1	16.4
Pebruari	14.2	14.5	14.8	15.0	15.3	15.5	15.7	15.8	16.0	16.1	16.3
Maret	15.3	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.5
April	15.7	15.6	15.4	15.5	15.3	15.3	15.1	14.9	14.7	14.4	14.2
Mei	15.5	15.3	15.1	14.9	14.6	14.4	14.1	13.8	13.4	13.1	12.8
Juni	15.3	15.0	14.7	14.4	14.2	13.9	13.5	13.2	12.8	12.4	12.0
Juli	15.3	15.1	14.9	14.6	14.3	14.1	13.7	13.4	13.1	12.7	12.4
Agustus	15.5	15.4	15.2	15.1	14.9	14.8	14.5	14.3	14.0	13.7	13.5
September	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.2	15.1	15.0	14.9	14.8
Oktober	14.7	14.8	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9
Nopember	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.1	15.3	15.5	15.8	16.0	16.2
Desember	12.9	13.3	13.7	14.1	14.4	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.2

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 7. Rata-rata Lamanya Penyinaran Matahari Maksimum Setiap Hari (N) dalam Hubungan dengan Bulan dan Letak Lintang

Lintang Utara (LU) Lintang Selatan (LS)	Jan Jul	Peb Agt	Mar Sep	Apr Okt	Mei Nop	Jun Des	Jul Jan	Agt Peb	Sep Mar	Okt Apr	Nop Mei	Des Jun
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 8. Faktor Konversi Ra dan Rns untuk Refleksi Sinar Matahari ($\alpha = 0.25$)

n/N	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
$(1-\alpha)(0.25 + 0.50 n/N)$	0.21	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.37	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 9. Pengaruh Suhu f(T) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1)

Suhu (T) °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = \sigma T^4$	11.00	11.40	11.70	12.00	12.40	12.70	13.10	13.50	13.80	14.00	14.06	15.00	15.04	15.09	16.03	16.07	17.02	17.07	18.01

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 10. Pengaruh Tekanan Uap Jenuh f(ed) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1)

ed (mbar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
$f(ed) = 0.34 - 0.044\sqrt{ed}$	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 11. Pengaruh Ratio Aktual dan Maksimum Jam Penyinaran Matahari f(n/N) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1)

n/N	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
$f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N$	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 12. Faktor Koreksi (C) pada Persamaan Penman

Rh	Rh max = 30 %				Rh max = 60 %				Rh max = 90 %			
Rs (mm/hari)	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
U siang m/dt	U siang / U malam = 4.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27
	U siang / U malam = 3.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
	U siang / U malam = 2.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
	U siang / U malam = 1.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Lampiran 13. Temperatur Udara Rata-rata Bulanan (°C)

Tahun	Bulan											
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1986	21.9	21.7	21.8	22.2	22.6	21.5	21.5	22.6	22.5	22.0	19.1	19.4
1987	18.6	18.4	18.7	19.6	18.2	18.4	17.0	18.5	18.6	19.6	18.8	18.3
1988	16.0	15.8	15.7	16.0	17.0	17.0	15.9	16.3	17.0	16.9	16.6	16.3
1989	16.1	15.0	14.2	14.3	13.9	13.4	13.9	13.3	14.1	14.7	14.9	14.3
1990	20.3	20.1	20.3	20.9	20.4	20.0	19.3	20.6	20.6	20.8	19.0	18.9
1991	16.1	15.4	15.0	15.2	15.5	15.2	14.9	14.8	15.6	15.8	15.8	15.3
1992	20.9	20.4	20.3	20.2	20.5	21.1	21.0	21.1	21.9	22.1	21.8	21.4
1993	25.6	25.3	25.6	25.2	25.6	26.9	27.1	27.4	28.2	28.3	27.7	27.4
1994	24.7	24.4	24.7	24.3	24.6	24.6	24.6	25.0	25.4	26.0	25.5	25.1
1995	23.7	23.4	23.8	23.4	23.5	22.2	22.1	22.5	22.6	23.6	23.2	22.8
1996	28.4	28.3	28.9	28.2	28.8	28.3	27.5	27.9	28.5	29.5	29.4	28.5
1997	28.3	28.1	28.7	28.0	28.9	28.5	28.7	29.1	29.5	29.8	30.1	28.6
1998	28.0	29.0	30.0	29.0	29.0	29.5	30.0	30.0	31.0	31.0	30.0	29.0
1999	30.0	29.0	29.0	31.0	30.0	28.7	28.9	28.7	29.8	31.3	31.5	29.0
2000	28.4	28.2	28.8	28.1	28.9	28.4	28.1	28.5	29.0	29.7	15.1	28.6
2001	29.0	29.0	29.5	30.0	29.5	29.1	29.5	29.4	30.4	31.2	30.8	29.0
2002	28.0	28.0	28.5	28.6	28.2	27.4	27.3	27.2	28.0	28.7	28.6	28.0
2003	26.9	26.9	27.4	27.1	26.9	25.7	25.2	25.0	25.6	26.2	26.5	26.9
2004	28.3	27.6	28.7	28.6	28.6	27.7	27.0	27.3	27.8	27.6	27.5	27.8
2005	29.6	28.2	29.9	30.1	30.3	29.6	28.7	29.6	29.9	29.0	28.4	28.7
Rata-2	24.4	24.1	24.5	24.5	24.5	24.2	23.9	24.2	24.8	25.2	22.5	24.2

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika (1986-2005)

Lampiran 14. Kelembaban Udara Rata-rata Bulanan (%)

Tahun	Bulan											
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1986	63	62	62	60	58	58	60	51	54	59	62	62
1987	65	63	63	57	58	57	55	54	53	57	65	68
1988	70	67	66	61	64	62	60	60	59	62	67	64
1989	69	69	68	64	64	66	63	59	57	59	61	65
1990	64	63	63	59	58	58	58	53	54	58	64	65
1991	70	68	67	63	64	64	62	60	58	61	64	65
1992	74	74	73	71	69	68	63	63	62	66	68	69
1993	79	79	78	80	73	71	65	66	65	71	72	73
1994	72	73	71	71	65	65	62	60	61	63	66	68
1995	64	66	64	61	57	59	58	54	56	55	59	62
1996	94	94	93	81	84	92	85	80	80	80	83	77
1997	88	90	91	90	89	75	88	75	73	77	80	76
1998	81	89	80	90	93	72	68	71	66	73	75	66
1999	79	79	81	80	79	85	68	68	65	64	67	66
2000	91	92	92	86	87	84	87	78	77	79	82	77
2001	80	84	81	85	86	79	68	70	66	69	71	66
2002	81	82	78	78	82	80	73	72	70	75	79	75
2003	81	79	75	71	78	80	77	74	73	80	87	83
2004	85	83	81	78	81	82	80	76	74	81	88	89
2005	89	86	86	85	83	84	83	77	74	82	88	94
Rata-2	77	77	76	74	74	72	69	66	65	69	72	72

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika (1986-2005)

Lampiran 15. Lamanya Penyinaran Matahari Rata-rata Bulanan (%)

Tahun	Bulan											
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1986	39	45	67	70	86	88	91	91	83	76	61	69
1987	35	51	72	83	84	81	82	85	89	89	67	52
1988	49	58	46	80	80	90	84	81	83	67	50	53
1989	50	36	52	71	84	69	76	86	90	80	74	64
1990	37	48	70	77	85	85	87	88	86	83	64	61
1991	50	47	49	76	82	80	80	84	87	74	62	59
1992	56	56	52	66	81	82	82	87	87	68	60	61
1993	62	65	54	56	79	85	83	90	87	63	58	63
1994	63	50	62	60	82	85	83	91	86	75	60	58
1995	64	34	70	64	84	84	83	91	85	86	61	53
1996	39	48	45	47	48	41	45	56	45	46	41	40
1997	46	55	50	45	42	41	41	53	48	51	44	43
1998	35	37	32	43	58	40	40	41	49	41	33	33
1999	39	26	34	38	42	35	37	40	44	40	38	33
2000	43	52	48	46	45	41	43	55	47	49	43	42
2001	37	32	33	41	50	38	39	41	47	41	36	33
2002	41	39	44	52	60	50	50	53	58	52	46	45
2003	45	45	54	63	69	61	60	65	68	63	55	57
2004	48	46	52	57	62	56	56	61	65	59	53	51
2005	51	47	49	51	54	51	51	57	61	55	50	44
Rata-2	46	46	52	59	68	64	65	70	70	63	53	51

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika (1986-2005)

Lampiran 16. Kecepatan Angin Rata-rata Bulanan (m/detik)

Tahun	B u l a n											
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1986	0.45	0.30	0.32	0.40	0.33	0.45	0.41	0.68	0.63	0.50	0.31	0.38
1987	0.40	0.28	0.34	0.38	0.31	0.49	0.40	0.70	0.64	0.48	0.30	0.34
1988	0.38	0.25	0.27	0.36	0.32	0.41	0.42	0.80	0.59	0.47	0.28	0.31
1989	0.51	0.26	0.29	0.39	0.29	0.46	0.39	0.83	0.60	0.49	0.33	0.36
1990	0.52	0.24	0.33	0.41	0.32	0.45	0.38	0.81	0.61	0.48	0.29	0.39
1991	0.47	0.26	0.35	0.40	0.28	0.49	0.38	0.79	0.63	0.49	0.27	0.41
1992	0.48	0.31	0.31	0.38	0.31	0.47	0.41	0.80	0.58	0.50	0.31	0.42
1993	0.49	0.27	0.35	0.37	0.30	0.48	0.40	0.83	0.59	0.51	0.32	0.40
1994	0.45	0.28	0.33	0.42	0.33	0.45	0.45	0.84	0.61	0.47	0.31	0.42
1995	0.49	0.25	0.28	0.43	0.32	0.39	0.42	0.78	0.57	0.48	0.30	0.39
1996	0.52	0.32	0.29	0.40	0.29	0.44	0.43	0.81	0.60	0.49	0.28	0.42
1997	0.50	0.25	0.30	0.39	0.31	0.48	0.42	0.83	0.61	0.47	0.29	0.41
1998	0.45	0.26	0.31	0.39	0.33	0.50	0.41	0.79	0.60	0.49	0.27	0.43
1999	0.48	0.29	0.28	0.38	0.34	0.39	0.37	0.79	0.62	0.50	0.28	0.42
2000	0.47	0.27	0.28	0.41	0.31	0.45	0.38	0.80	0.67	0.52	0.31	0.42
2001	0.49	0.26	0.34	0.42	0.32	0.48	0.39	0.78	0.61	0.46	0.32	0.39
2002	0.50	0.34	0.32	0.38	0.34	0.47	0.42	0.82	0.64	0.47	0.30	0.40
2003	0.40	0.27	0.31	0.40	0.32	0.46	0.40	0.78	0.62	0.46	0.31	0.39
2004	0.48	0.29	0.30	0.38	0.30	0.48	0.39	0.81	0.67	0.44	0.28	0.37
2005	0.50	0.35	0.35	0.40	0.34	0.49	0.41	0.80	0.61	0.50	0.29	0.38
Rata-2	0.47	0.28	0.31	0.39	0.32	0.46	0.40	0.79	0.62	0.48	0.30	0.39
km/hari	40.74	24.19	27.00	34.07	27.26	39.66	34.91	68.56	53.14	41.77	25.70	33.91
knots	0.92	0.54	0.61	0.77	0.61	0.89	0.79	1.54	1.20	0.94	0.58	0.76

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika (1986-2005)

Lampiran 17. Curah Hujan Rata-rata Bulanan D.I. Wonosroyo

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	
1986	235	278	277	118	0	54	36	0	74	38	65	528	1703
1987	121	243	254	60	28	0	0	23	45	193	45	482	1494
1988	152	395	242	163	3	0	0	10	3	106	146	460	1680
1989	199	233	414	138	61	73	56	108	0	145	94	452	1973
1990	194	107	209	81	14	7	0	21	2	11	171	353	1170
1991	126	93	185	91	5	29	30	82	16	81	59	315	1112
1992	123	93	187	81	7	20	28	81	13	98	57	331	1119
1993	195	288	525	189	0	30	0	47	13	79	55	393	1814
1994	80	79	338	163	0	0	0	27	7	120	74	320	1208
1995	334	244	367	150	74	74	28	0	24	144	247	178	1864
1996	192	301	89	204	36	42	25	36	0	79	237	334	1575
1997	576	350	69	28	105	0	0	0	0	0	172	111	1411
1998	154	686	225	112	47	36	40	5	68	134	36	197	1740
1999	162	429	63	226	23	44	112	54	0	96	209	435	1853
2000	168	114	299	165	107	59	51	0	55	218	280	0	1516
2001	79	411	408	122	5	26	0	0	0	37	132	128	1348
2002	338	589	67	123	0	0	0	0	0	0	46	128	1291
2003	189	564	91	48	51	0	0	0	0	38	198	163	1342
2004	261	161	249	40	62	0	7	0	12	16	289	361	1458
2005	156	140	337	204	0	15	0	8	25	97	114	399	1495
Rata-2	202	290	245	125	31	25	21	25	18	87	136	303	1508
%	13.4	19.2	16.2	8.3	2.1	1.7	1.4	1.7	1.2	5.7	9.0	20.1	100

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 18. Rata-rata Jumlah Hari Hujan Bulanan D.I. Wonosroyo

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	
1986	9	11	14	8	0	5	3	0	3	2	2	14	71
1987	13	15	17	11	2	0	0	2	5	8	6	24	103
1988	15	17	16	13	2	0	0	1	1	9	7	21	102
1989	11	14	14	7	5	4	1	3	0	8	6	17	90
1990	9	12	18	7	1	1	0	3	2	3	10	26	92
1991	9	10	15	10	1	3	3	2	1	5	5	20	84
1992	9	10	15	10	1	3	3	2	2	7	5	20	87
1993	12	15	17	11	0	2	0	2	2	6	5	24	96
1994	9	15	23	12	0	0	0	2	2	11	12	23	109
1995	22	14	19	11	4	2	1	0	2	10	16	12	113
1996	15	18	10	9	1	2	2	1	0	9	14	5	86
1997	22	16	8	5	4	0	0	0	0	0	10	15	80
1998	13	17	16	10	5	3	4	1	2	6	1	9	87
1999	7	15	6	10	1	2	2	1	0	4	9	11	68
2000	5	5	12	12	2	3	3	0	4	11	17	0	74
2001	5	20	20	9	1	2	0	0	0	4	10	7	78
2002	15	15	3	5	0	0	0	0	0	0	4	12	54
2003	12	23	12	2	5	0	0	0	0	4	12	17	87
2004	19	17	17	3	8	0	1	0	2	1	13	23	104
2005	14	13	15	13	0	2	0	1	2	4	7	15	86
Rata-2	12	15	14	9	2	2	1	1	2	6	9	16	88
%	14.0	16.7	16.4	10.2	2.5	1.9	1.3	1.2	1.7	6.4	9.8	18.0	100

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 19. Curah Hujan Rata-rata Periode Sepuluh Harian Daerah Irigasi Wonosroyo

Tahun	Bulan dan Periode																	
	Januari			Pebruari			Maret			April			Mei			Juni		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1986	89	85	61	78	136	64	108	91	78	58	47	13	0	0	0	34	20	0
1987	45	43	33	60	89	94	91	85	78	29	18	13	18	10	0	0	0	0
1988	50	51	51	141	130	124	106	82	54	54	81	28	3	0	0	0	0	0
1989	72	65	62	76	86	71	143	140	131	66	28	44	0	10	51	47	26	0
1990	74	61	59	45	31	21	101	61	47	45	20	16	14	0	0	0	7	0
1991	53	42	31	31	37	25	62	61	62	45	27	19	5	0	0	19	0	10
1992	40	40	43	40	31	22	69	65	53	43	22	16	7	0	0	0	20	0
1993	63	69	63	96	108	84	195	175	155	63	63	63	0	0	0	15	15	0
1994	28	26	26	33	21	25	121	111	106	61	55	47	0	0	0	0	0	0
1995	123	129	82	82	99	63	133	122	112	60	50	40	27	21	26	26	17	31
1996	75	71	46	100	101	100	50	22	17	68	88	48	7	0	29	31	11	0
1997	195	192	189	155	116	79	36	23	10	10	0	18	53	28	24	0	0	0
1998	55	55	44	299	236	151	100	75	50	49	41	22	19	17	11	18	12	6
1999	53	60	49	222	104	103	13	24	26	62	96	68	9	14	0	0	22	22
2000	63	60	45	57	28	29	99	117	83	65	45	55	37	19	51	51	8	0
2001	32	26	21	111	149	151	156	136	116	92	29	1	0	0	5	20	0	6
2002	121	112	105	206	206	177	27	22	18	81	34	8	0	0	0	0	0	0
2003	63	63	63	166	212	186	31	31	30	18	12	18	33	18	0	0	0	0
2004	90	87	84	43	54	64	86	80	3	21	12	7	21	29	12	0	0	0
2005	59	53	44	40	57	43	134	111	92	86	68	50	0	0	0	15	0	0
Rata-2	72	70	60	104	102	84	93	82	66	54	42	30	13	8	10	14	8	4

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 19. Curah Hujan Rata-rata Periode Sepuluh Harian Daerah Irigasi Wonosroyo (lanjutan)

Tahun	Bulan dan Periode																	
	Juli			Agustus			September			Oktober			Nopember			Desember		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1986	0	36	0	0	0	0	0	23	51	0	10	28	21	4	30	157	176	195
1987	0	0	0	0	0	23	23	9	13	55	65	73	15	15	15	150	161	171
1988	0	0	0	0	0	10	3	0	0	16	28	62	66	26	54	96	155	209
1989	43	13	0	0	28	80	0	0	0	21	49	75	27	27	40	102	155	195
1990	0	0	0	0	0	21	0	0	2	0	0	11	31	52	88	125	101	127
1991	30	0	0	0	26	56	8	0	8	21	24	36	29	6	24	72	115	128
1992	28	0	0	0	13	68	0	0	13	28	31	39	39	7	11	81	121	129
1993	0	0	0	0	7	40	0	0	13	19	21	29	20	5	30	93	137	163
1994	0	0	0	0	0	27	7	0	0	20	44	56	34	14	26	80	120	120
1995	28	0	0	0	0	0	0	0	24	34	50	60	61	87	99	108	15	55
1996	20	0	0	0	9	27	0	0	0	0	31	48	57	75	105	110	88	136
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	71	79	49	11	51
1998	40	0	0	0	0	5	8	22	38	34	50	50	16	0	20	37	149	111
1999	73	0	0	0	15	39	0	0	0	16	27	53	59	63	87	135	141	159
2000	38	0	0	0	0	0	0	12	43	58	77	83	88	92	100	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	25	32	36	74	78	25	25
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	30	54	22	52
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	38	72	88	43	57	63
2004	7	0	0	0	0	0	0	0	12	16	0	0	29	126	134	147	53	161
2005	0	0	0	0	0	8	10	0	15	27	27	43	54	9	51	84	116	199
Rata-2	15	2	0	0	5	20	3	3	12	18	27	40	37	40	59	90	96	122

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f=100/Tr (%)	Januari						Pebruari					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	89	28	85	26	61	21	78	31	136	21	64	21
1987	2	10.50	9.52	45	32	43	26	33	26	60	33	89	28	94	22
1988	3	7.00	14.29	50	40	51	40	51	31	141	40	130	31	124	25
1989	4	5.25	19.05	72	45	65	42	62	33	76	40	86	31	71	25
1990	5	4.20	23.81	74	50	61	43	59	43	45	43	31	37	21	29
1991	6	3.50	28.57	53	53	42	51	31	44	31	45	37	54	25	43
1992	7	3.00	33.33	40	53	40	53	43	44	40	57	31	57	22	63
1993	8	2.63	38.10	63	55	69	55	63	45	96	60	108	86	84	64
1994	9	2.33	42.86	28	59	26	60	26	46	33	76	21	89	25	64
1995	10	2.10	47.62	123	63	129	60	82	49	82	78	99	99	63	71
1996	11	1.91	52.38	75	63	71	61	46	51	100	82	101	101	100	79
1997	12	1.75	57.14	195	63	192	63	189	59	155	96	116	104	79	84
1998	13	1.62	61.90	55	72	55	65	44	61	299	100	236	108	151	94
1999	14	1.50	66.67	53	74	60	69	49	62	222	111	104	116	103	100
2000	15	1.40	71.43	63	75	60	71	45	63	57	141	28	130	29	103
2001	16	1.31	76.19	32	89	26	85	21	63	111	155	149	136	151	124
2002	17	1.24	80.95	121	90	112	87	105	82	206	166	206	149	177	151
2003	18	1.17	85.71	63	121	63	112	63	84	166	206	212	206	186	151
2004	19	1.11	90.48	90	123	87	129	84	105	43	222	54	212	64	177
2005	20	1.05	95.24	59	195	53	192	44	189	40	299	57	236	43	186

Sumber : Perhitungan

Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian (lanjutan)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	Maret						April					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	108	13	91	22	78	3	58	10	47	0	13	1
1987	2	10.50	9.52	91	27	85	22	78	10	29	18	18	12	13	7
1988	3	7.00	14.29	106	31	82	23	54	17	54	21	81	12	28	8
1989	4	5.25	19.05	143	36	140	24	131	18	66	29	28	18	44	13
1990	5	4.20	23.81	101	50	61	31	47	26	45	43	20	20	16	13
1991	6	3.50	28.57	62	62	61	61	62	30	45	45	27	22	19	16
1992	7	3.00	33.33	69	69	65	61	53	47	43	45	22	27	16	16
1993	8	2.63	38.10	195	86	175	65	155	50	63	49	63	28	63	18
1994	9	2.33	42.86	121	91	111	75	106	53	61	54	55	29	47	18
1995	10	2.10	47.62	133	99	122	80	112	54	60	58	50	34	40	19
1996	11	1.91	52.38	50	100	22	82	17	62	68	60	88	41	48	22
1997	12	1.75	57.14	36	101	23	85	10	78	10	61	0	45	18	28
1998	13	1.62	61.90	100	106	75	91	50	78	49	62	41	47	22	40
1999	14	1.50	66.67	13	108	24	111	26	83	62	63	96	50	68	44
2000	15	1.40	71.43	99	121	117	111	83	92	65	65	45	55	55	47
2001	16	1.31	76.19	156	133	136	117	116	106	92	66	29	63	1	48
2002	17	1.24	80.95	27	134	22	122	18	112	81	68	34	68	8	50
2003	18	1.17	85.71	31	143	31	136	30	116	18	81	12	81	18	55
2004	19	1.11	90.48	86	156	80	140	3	131	21	86	12	88	7	63
2005	20	1.05	95.24	134	195	111	175	92	155	86	92	68	96	50	68

Sumber : Perhitungan

Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian (lanjutan)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f=100/Tr (%)	Mei						Juni					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	0	0	0	0	0	0	34	0	20	0	0	0
1987	2	10.50	9.52	18	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	3	7.00	14.29	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	4	5.25	19.05	0	0	10	0	51	0	47	0	26	0	0	0
1990	5	4.20	23.81	14	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
1991	6	3.50	28.57	5	0	0	0	0	0	19	0	0	0	10	0
1992	7	3.00	33.33	7	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
1993	8	2.63	38.10	0	3	0	0	0	0	15	0	15	0	0	0
1994	9	2.33	42.86	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	10	2.10	47.62	27	7	21	0	26	0	26	0	17	0	31	0
1996	11	1.91	52.38	7	7	0	0	29	0	31	15	11	7	0	0
1997	12	1.75	57.14	53	9	28	10	24	0	0	15	0	8	0	0
1998	13	1.62	61.90	19	14	17	10	11	5	18	18	12	11	6	0
1999	14	1.50	66.67	9	18	14	14	0	11	0	19	22	12	22	0
2000	15	1.40	71.43	37	19	19	17	51	12	51	20	8	15	0	0
2001	16	1.31	76.19	0	21	0	18	5	24	20	26	0	17	6	6
2002	17	1.24	80.95	0	27	0	19	0	26	0	31	0	20	0	6
2003	18	1.17	85.71	33	33	18	21	0	29	0	34	0	20	0	10
2004	19	1.11	90.48	21	37	29	28	12	51	0	47	0	22	0	22
2005	20	1.05	95.24	0	53	0	29	0	51	15	51	0	26	0	31

Sumber : Perhitungan

Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian (lanjutan)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f=100/Tr (%)	Juli						Agustus					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	2	10.50	9.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1988	3	7.00	14.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
1989	4	5.25	19.05	43	0	13	0	0	0	0	0	28	0	80	0
1990	5	4.20	23.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
1991	6	3.50	28.57	30	0	0	0	0	0	0	0	26	0	56	0
1992	7	3.00	33.33	28	0	0	0	0	0	0	0	13	0	68	0
1993	8	2.63	38.10	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	40	0
1994	9	2.33	42.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	5
1995	10	2.10	47.62	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1996	11	1.91	52.38	20	0	0	0	0	0	0	0	9	0	27	10
1997	12	1.75	57.14	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
1998	13	1.62	61.90	40	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23
1999	14	1.50	66.67	73	28	0	0	0	0	0	0	15	0	39	27
2000	15	1.40	71.43	38	28	0	0	0	0	0	0	0	7	0	27
2001	16	1.31	76.19	0	30	0	0	0	0	0	0	0	9	0	39
2002	17	1.24	80.95	0	38	0	0	0	0	0	0	0	13	0	40
2003	18	1.17	85.71	0	40	0	0	0	0	0	0	0	15	0	56
2004	19	1.11	90.48	7	43	0	13	0	0	0	0	0	26	0	68
2005	20	1.05	95.24	0	73	0	36	0	0	0	0	0	28	8	80

Sumber : Perhitungan

Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian (lanjutan)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f=100/Tr (%)	September						Oktober					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	0	0	23	0	51	0	0	0	10	0	28	0
1987	2	10.50	9.52	23	0	9	0	13	0	55	0	65	0	73	0
1988	3	7.00	14.29	3	0	0	0	0	0	16	0	28	0	62	0
1989	4	5.25	19.05	0	0	0	0	0	0	21	0	49	0	75	11
1990	5	4.20	23.81	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	11	25
1991	6	3.50	28.57	8	0	0	0	8	0	21	0	24	10	36	28
1992	7	3.00	33.33	0	0	0	0	13	0	28	0	31	12	39	29
1993	8	2.63	38.10	0	0	0	0	13	0	19	16	21	21	29	36
1994	9	2.33	42.86	7	0	0	0	0	0	20	16	44	24	56	38
1995	10	2.10	47.62	0	0	0	0	24	2	34	16	50	27	60	39
1996	11	1.91	52.38	0	0	0	0	0	8	0	19	31	27	48	43
1997	12	1.75	57.14	0	0	0	0	0	12	0	20	0	28	0	48
1998	13	1.62	61.90	8	0	22	0	38	13	34	21	50	31	50	50
1999	14	1.50	66.67	0	0	0	0	0	13	16	21	27	31	53	53
2000	15	1.40	71.43	0	3	12	0	43	13	58	27	77	44	83	56
2001	16	1.31	76.19	0	7	0	0	0	15	0	28	12	49	25	60
2002	17	1.24	80.95	0	8	0	9	0	24	0	34	0	50	0	62
2003	18	1.17	85.71	0	8	0	12	0	38	0	34	0	50	38	73
2004	19	1.11	90.48	0	10	0	22	12	43	16	55	0	65	0	75
2005	20	1.05	95.24	10	23	0	23	15	51	27	58	27	77	43	83

Sumber : Perhitungan



Lampiran 20. Analisa Frekuensi Data Curah Hujan Periode 10 Harian (lanjutan)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f=100/Tr (%)	Nopember						Desember					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri	Curah Hujan	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1986	1	21.00	4.76	21	0	4	0	30	11	157	0	176	0	195	0
1987	2	10.50	9.52	15	15	15	4	15	15	150	37	161	11	171	25
1988	3	7.00	14.29	66	16	26	5	54	20	96	43	155	15	209	51
1989	4	5.25	19.05	27	20	27	6	40	24	102	49	155	22	195	52
1990	5	4.20	23.81	31	21	52	7	88	26	125	54	101	25	127	55
1991	6	3.50	28.57	29	22	6	9	24	30	72	72	115	53	128	63
1992	7	3.00	33.33	39	27	7	14	11	30	81	78	121	57	129	111
1993	8	2.63	38.10	20	29	5	15	30	30	93	80	137	88	163	120
1994	9	2.33	42.86	34	29	14	16	26	40	80	81	120	101	120	127
1995	10	2.10	47.62	61	31	87	26	99	51	108	84	15	115	55	128
1996	11	1.91	52.38	57	32	75	27	105	54	110	93	88	116	136	129
1997	12	1.75	57.14	22	34	71	36	79	74	49	96	11	120	51	136
1998	13	1.62	61.90	16	38	0	52	20	79	37	102	149	121	111	159
1999	14	1.50	66.67	59	39	63	63	87	87	135	108	141	137	159	161
2000	15	1.40	71.43	88	54	92	71	100	88	0	110	0	141	0	163
2001	16	1.31	76.19	32	57	36	72	74	88	78	125	25	149	25	171
2002	17	1.24	80.95	0	59	16	75	30	99	54	135	22	155	52	195
2003	18	1.17	85.71	38	61	72	87	88	100	43	147	57	155	63	195
2004	19	1.11	90.48	29	66	126	92	134	105	147	150	53	161	161	199
2005	20	1.05	95.24	54	88	9	126	51	134	84	157	116	176	199	209

Sumber : Perhitungan

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo
Awal Tanam : 01 Oktober (Golongan - A)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oktober	I	P.L.	5.18	1.00	1.19	0.48			PL	PL	9.91		9.72		1.957
	II		5.18	1.00	1.75	0.71		PL	PL	PL	9.91		9.16		1.844
	III		5.18	1.00	2.17	1.06		PL	PL	PL	9.91		8.74		1.759
Nopember	I	PADI - MH	4.45	1.00	2.07	0.88		PL	1.10	PL	9.23		8.16		1.643
	II		4.45	1.00	2.63	0.95		1.10	1.10	1.10	4.90		3.27		0.657
	III		4.45	1.00	3.47	1.40		1.10	1.10	1.10	4.90		2.43		0.488
Desember	I		4.59	1.00	4.73	2.14	1.65	1.10	1.05	1.08	4.93		2.85		0.575
	II		4.59	1.00	5.43	2.28	1.65	1.05	1.05	1.05	4.82		2.04		0.411
	III		4.59	1.00	6.83	2.90	1.65	1.05	1.05	1.05	4.82		0.64		0.129
Januari	I		4.40	1.00	3.15	1.58	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.12		0.829
	II		4.40	1.00	3.05	1.54	1.65	1.05	0.50	0.78	3.41		3.01		0.606
	III		4.40	1.00	2.87	1.32	1.65	0.50	0.00	0.25	1.10		0.88		0.177
Pebruari	I	P.L.	4.31	1.00	5.81	2.40		0.00	PL	PL	9.55		4.74		0.954
	II		4.31	1.00	5.22	2.36		PL	PL	PL	9.55		5.33		1.073
	III		4.31	1.00	5.29	1.94		PL	PL	PL	9.55		5.26		1.059
Maret	I	PADI - MK	4.41	1.00	4.69	1.89		PL	1.10	PL	8.99		5.30		1.067
	II		4.41	1.00	4.27	1.66		1.10	1.10	1.10	4.85		1.58		0.318
	III		4.41	1.00	3.92	1.34		1.10	1.10	1.10	4.85		1.93		0.389
April	I		4.35	1.00	2.38	1.28	1.65	1.10	1.05	1.08	4.68		4.95		0.996
	II		4.35	1.00	2.38	1.00	1.65	1.05	1.05	1.05	4.57		4.84		0.974
	III		4.35	1.00	1.75	0.71	1.65	1.05	1.05	1.05	4.57		5.47		1.101
Mei	I		4.10	1.00	0.95	0.42	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.01		1.209
	II		4.10	1.00	0.67	0.26	1.65	1.05	0.50	0.78	3.18		5.16		1.038
	III		4.10	1.00	0.91	0.32	1.65	0.50	0.00	0.25	1.03		2.77		0.557

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)
 Awal Tanam : 01 Oktober (Golongan - A)

Bulan	Peri ode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Juni	I	PALAWIJA	3.78	1.00	1.09	0.38		0.00	0.50	0.25		0.95		0.57	0.114
	II		3.78	1.00	0.70	0.21		0.50	0.55	0.53		1.98		1.77	0.357
	III		3.78	1.00	0.21	0.11		0.65	0.59	0.62		2.34		2.23	0.450
Juli	I		3.89	1.00	1.33	0.48		0.75	0.96	0.86		3.33		2.85	0.573
	II		3.89	1.00	0.00	0.06		1.00	1.00	1.00		3.89		3.83	0.771
	III		3.89	1.00	0.00	0.00		1.00	1.05	1.03		3.99		3.99	0.803
Agustus	I		4.68	1.00	0.00	0.00		1.00	1.02	1.01		4.73		4.73	0.951
	II		4.68	1.00	0.46	0.14		0.82	1.00	0.91		4.26		4.12	0.829
	III		4.68	1.00	1.40	0.56		0.45	0.95	0.70		3.28		2.72	0.547
September	I		5.16	1.00	0.28	0.12									0.000
	II		5.16	1.00	0.32	0.12									0.000
	III		5.16	1.00	0.84	0.49									0.000

Keterangan :

ETo	Evapotranspirasi potensial dari Penman (mm/hari)
P	Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
Re	Curah hujan efektif (mm/hari)
WLR	Penggantian lapisan air, dua kali selama masa tanam (mm/hari)
Kc	Koefisien tanaman
ETc.	Penggunaan air oleh tanaman ($Kc \times ETo$), mm/hari
NFR	Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi ($ETc + P + WLR - Re$), mm/hari
	Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija ($ETc - Re$), mm/hari
D.R.	Kebutuhan air pada tanaman [$NFR / (Eff \text{ jaringan} \times 8.64)$], l/dt/ha
Eff	Efisiensi jaringan irigasi (57.5 %)
PL	Penyiapan lahan (mm/hari)

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)

Awal Tanam : 11 Oktober (Golongan - B)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oktober	I	P.L.	5.18	1.00	1.19	0.48									0.000
	II		5.18	1.00	1.75	0.71			PL	PL	9.91		9.16		1.844
	III		5.18	1.00	2.17	1.06		PL	PL	PL	9.91		8.74		1.759
Nopember	I	PADI - MH	4.45	1.00	2.07	0.88		PL	PL	PL	9.23		8.16		1.643
	II		4.45	1.00	2.63	0.95		PL	1.10	PL	9.23		7.60		1.530
	III		4.45	1.00	3.47	1.40		1.10	1.10	1.10	4.90		2.43		0.488
Desember	I	PADI - MH	4.59	1.00	4.73	2.14	0	1.10	1.10	1.10	5.05		1.32		0.265
	II		4.59	1.00	5.43	2.28	1.65	1.10	1.05	1.08	4.93		2.15		0.434
	III		4.59	1.00	6.83	2.90	1.65	1.05	1.05	1.05	4.82		0.64		0.129
Januari	I	PADI - MH	4.40	1.00	3.15	1.58	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.12		0.829
	II		4.40	1.00	3.05	1.54	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.22		0.849
	III		4.40	1.00	2.87	1.32	1.65	1.05	0.50	0.78	3.41		3.19		0.642
Pebruari	I	P.L.	4.31	1.00	5.81	2.40	1.65	0.50	0.00	0.25	1.08		-2.08		0.000
	II		4.31	1.00	5.22	2.36		0.00	PL	PL	9.55		5.33		1.073
	III		4.31	1.00	5.29	1.94		PL	PL	PL	9.55		5.26		1.059
Maret	I	PADI - MK	4.41	1.00	4.69	1.89		PL	PL	PL	8.99		5.30		1.067
	II		4.41	1.00	4.27	1.66		PL	1.10	PL	8.99		5.72		1.151
	III		4.41	1.00	3.92	1.34		1.10	1.10	1.10	4.85		1.93		0.389
April	I	PADI - MK	4.35	1.00	2.38	1.28	0	1.10	1.10	1.10	4.79		3.41		0.685
	II		4.35	1.00	2.38	1.00	1.65	1.10	1.05	1.08	4.68		4.95		0.996
	III		4.35	1.00	1.75	0.71	1.65	1.05	1.05	1.05	4.57		5.47		1.101
Mei	I	PADI - MK	4.10	1.00	0.95	0.42	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.01		1.209
	II		4.10	1.00	0.67	0.26	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.29		1.265
	III		4.10	1.00	0.91	0.32	1.65	1.05	0.50	0.78	3.18		4.92		0.990

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)

Awal Tanam : 11 Oktober (Golongan - B)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Juni	I	PALAWIJA	3.78	1.00	1.09	0.38	1.65	0.50	0.00	0.25	0.95		2.51		0.504
	II		3.78	1.00	0.70	0.21		0.00	0.50	0.25		0.95		0.74	0.148
	III		3.78	1.00	0.21	0.11		0.50	0.55	0.53		1.98		1.87	0.377
Juli	I		3.89	1.00	1.33	0.48		0.65	0.59	0.62		2.41		1.93	0.389
	II		3.89	1.00	0.00	0.06		0.75	0.96	0.86		3.33		3.27	0.657
	III		3.89	1.00	0.00	0.00		1.00	1.00	1.00		3.89		3.89	0.783
Agustus	I		4.68	1.00	0.00	0.00		1.00	1.05	1.03		4.80		4.80	0.966
	II		4.68	1.00	0.46	0.14		1.00	1.02	1.01		4.73		4.59	0.923
	III		4.68	1.00	1.40	0.56		0.82	1.00	0.91		4.26		3.70	0.745
September	I		5.16	1.00	0.28	0.12		0.45	0.95	0.70		3.61		3.49	0.703
	II		5.16	1.00	0.32	0.12									0.000
	III		5.16	1.00	0.84	0.49									0.000

Keterangan :

ETo	Evapotranspirasi potensial dari Penman (mm/hari)
P	Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
Re	Curah hujan efektif (mm/hari)
WLR	Penggantian lapisan air, dua kali selama masa tanam (mm/hari)
Kc	Koefisien tanaman
ETc.	Penggunaan air oleh tanaman ($Kc \times ETo$), mm/hari
NFR	Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi ($ETc + P + WLR - Re$), mm/hari
	Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija ($ETc - Re$), mm/hari
D.R.	Kebutuhan air pada tanaman [$NFR / (Eff \text{ jaringan} \times 8.64)$], l/dt/ha
Eff	Efisiensi jaringan irigasi (57.5 %)
PL	Penyiapan lahan (mm/hari)

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)
Awal Tanam : 21 Oktober (Golongan - C)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ET _o (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ET _c (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oktober	I	P.L.	5.18	1.00	1.19	0.48									0.000
	II		5.18	1.00	1.75	0.71									0.000
	III		5.18	1.00	2.17	1.06			PL	PL	9.91		8.74		1.759
Nopember	I	P.L.	4.45	1.00	2.07	0.88		PL	PL	PL	9.23		8.16		1.643
	II		4.45	1.00	2.63	0.95		PL	PL	PL	9.23		7.60		1.530
	III		4.45	1.00	3.47	1.40		PL	1.10	PL	9.23		6.76		1.361
Desember	I	PADI - MH	4.59	1.00	4.73	2.14	0	1.10	1.10	1.10	5.05		1.32		0.265
	II		4.59	1.00	5.43	2.28	0	1.10	1.10	1.10	5.05		0.62		0.125
	III		4.59	1.00	6.83	2.90	1.65	1.10	1.05	1.08	4.93		0.75		0.152
Januari	I	PADI - MH	4.40	1.00	3.15	1.58	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.12		0.829
	II		4.40	1.00	3.05	1.54	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.22		0.849
	III		4.40	1.00	2.87	1.32	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.40		0.886
Pebruari	I	PADI - MH	4.31	1.00	5.81	2.40	1.65	1.05	0.50	0.78	3.34		0.18		0.036
	II		4.31	1.00	5.22	2.36	1.65	0.50	0.00	0.25	1.08		-1.49		0.000
	III		4.31	1.00	5.29	1.94		0.00	PL	PL	9.55		5.26		1.059
Maret	I	P.L.	4.41	1.00	4.69	1.89		PL	PL	PL	8.99		5.30		1.067
	II		4.41	1.00	4.27	1.66		PL	PL	PL	8.99		5.72		1.151
	III		4.41	1.00	3.92	1.34		PL	1.10	PL	8.99		6.07		1.222
April	I	PADI - MK	4.35	1.00	2.38	1.28	0	1.10	1.10	1.10	4.79		3.41		0.685
	II		4.35	1.00	2.38	1.00	0	1.10	1.10	1.10	4.79		3.41		0.685
	III		4.35	1.00	1.75	0.71	1.65	1.10	1.05	1.08	4.68		5.58		1.122
Mei	I	PADI - MK	4.10	1.00	0.95	0.42	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.01		1.209
	II		4.10	1.00	0.67	0.26	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.29		1.265
	III		4.10	1.00	0.91	0.32	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.05		1.217

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)
Awal Tanam : 21 Oktober (Golongan - C)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Juni	I	PALAWIJA	3.78	1.00	1.09	0.38	1.65	1.05	0.50	0.78	2.93		4.49		0.904
	II		3.78	1.00	0.70	0.21	1.65	0.50	0.00	0.25	0.95		2.90		0.583
	III		3.78	1.00	0.21	0.11		0.00	0.50	0.25		0.95		0.84	0.168
Juli	I		3.89	1.00	1.33	0.48		0.50	0.55	0.53		2.04		1.56	0.314
	II		3.89	1.00	0.00	0.06		0.65	0.59	0.62		2.41		2.35	0.473
	III		3.89	1.00	0.00	0.00		0.75	0.96	0.86		3.33		3.33	0.669
Agustus	I		4.68	1.00	0.00	0.00		1.00	1.00	1.00		4.68		4.68	0.942
	II		4.68	1.00	0.46	0.14		1.00	1.05	1.03		4.80		4.66	0.937
	III		4.68	1.00	1.40	0.56		1.00	1.02	1.01		4.73		4.17	0.839
September	I		5.16	1.00	0.28	0.12		0.82	1.00	0.91		4.70		4.58	0.921
	II		5.16	1.00	0.32	0.12		0.45	0.95	0.70		3.61		3.49	0.703
	III		5.16	1.00	0.84	0.49									0.000

Keterangan :

ETo	Evapotranspirasi potensial dari Penman (mm/hari)
P	Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
Re	Curah hujan efektif (mm/hari)
WLR	Penggantian lapisan air, dua kali selama masa tanam (mm/hari)
Kc	Koefisien tanaman
ETc.	Penggunaan air oleh tanaman ($Kc \times ETo$), mm/hari
NFR	Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi ($ETc + P + WLR - Re$), mm/hari
	Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija ($ETc - Re$), mm/hari
D.R.	Kebutuhan air pada tanaman [$NFR / (Eff \text{ jaringan} \times 8.64)$], l/dt/ha
Eff	Efisiensi jaringan irigasi (57.5 %)
PL	Penyiapan lahan (mm/hari)

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)

Awal Tanam : 01 Nopember (Golongan - D)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oktober	I		5.18	1.00	1.19	0.48									0.000
	II		5.18	1.00	1.75	0.71									0.000
	III		5.18	1.00	2.17	1.06									0.000
Nopember	I	P.L.	4.45	1.00	2.07	0.88			PL	PL	9.23		8.16		1.643
	II		4.45	1.00	2.63	0.95		PL	PL	PL	9.23		7.60		1.530
	III		4.45	1.00	3.47	1.40		PL	PL	PL	9.23		6.76		1.361
Desember	I	PADI - MH	4.59	1.00	4.73	2.14	0	PL	1.10	PL	8.55		4.82		0.970
	II		4.59	1.00	5.43	2.28	0	1.10	1.10	1.10	5.05		0.62		0.125
	III		4.59	1.00	6.83	2.90	0	1.10	1.10	1.10	5.05		-0.78		0.000
Januari	I		4.40	1.00	3.15	1.58	1.65	1.10	1.05	1.08	4.73		4.23		0.851
	II		4.40	1.00	3.05	1.54	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.22		0.849
	III		4.40	1.00	2.87	1.32	1.65	1.05	1.05	1.05	4.62		4.40		0.886
Pebruari	I		4.31	1.00	5.81	2.40	1.65	1.05	1.05	1.05	4.53		1.37		0.275
	II		4.31	1.00	5.22	2.36	1.65	1.05	0.50	0.78	3.34		0.77		0.155
	III		4.31	1.00	5.29	1.94	1.65	0.50	0.00	0.25	1.08		-1.56		0.000
Maret	I	P.L.	4.41	1.00	4.69	1.89		0.00	PL	PL	8.99		5.30		1.067
	II		4.41	1.00	4.27	1.66		PL	PL	PL	8.99		5.72		1.151
	III		4.41	1.00	3.92	1.34		PL	PL	PL	8.99		6.07		1.222
April	I	PADI - MK	4.35	1.00	2.38	1.28	0	PL	1.10	PL	8.43		7.05		1.419
	II		4.35	1.00	2.38	1.00	0	1.10	1.10	1.10	4.79		3.41		0.685
	III		4.35	1.00	1.75	0.71	0	1.10	1.10	1.10	4.79		4.04		0.812
Mei	I		4.10	1.00	0.95	0.42	1.65	1.10	1.05	1.08	4.41		6.11		1.229
	II		4.10	1.00	0.67	0.26	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.29		1.265
	III		4.10	1.00	0.91	0.32	1.65	1.05	1.05	1.05	4.31		6.05		1.217

Lampiran 21. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi D.I. Wonosroyo (lanjutan)
Awal Tanam : 01 Nopember (Golongan - D)

Bulan	Periode	Pola Tanam	ETo (mm/hr)	P (mm/hr)	Re (mm/hari)		WLR (mm/hr)	Kc			ETc (mm/hr)		NFR (mm/hr)		D.R. (l/dt/ha)
					Padi	Plw		Kc-1	Kc-2	Rata-2	Padi	Plw	Padi	Plw	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Juni	I	PALAWIJA	3.78	1.00	1.09	0.38	1.65	1.05	1.05	1.05	3.97		5.53		1.113
	II		3.78	1.00	0.70	0.21	1.65	1.05	0.50	0.78	2.93		4.88		0.982
	III		3.78	1.00	0.21	0.11	1.65	0.50	0.00	0.25	0.95		3.39		0.681
Juli	I		3.89	1.00	1.33	0.48		0.00	0.50	0.25		0.97		0.49	0.099
	II		3.89	1.00	0.00	0.06		0.50	0.55	0.53		2.04		1.98	0.399
	III		3.89	1.00	0.00	0.00		0.65	0.59	0.62		2.41		2.41	0.485
Agustus	I		4.68	1.00	0.00	0.00		0.75	0.96	0.86		4.00		4.00	0.805
	II		4.68	1.00	0.46	0.14		1.00	1.00	1.00		4.68		4.54	0.914
	III		4.68	1.00	1.40	0.56		1.00	1.05	1.03		4.80		4.24	0.853
September	I		5.16	1.00	0.28	0.12		1.00	1.02	1.01		5.21		5.09	1.025
	II		5.16	1.00	0.32	0.12		0.82	1.00	0.91		4.70		4.58	0.921
	III		5.16	1.00	0.84	0.49		0.45	0.95	0.70		3.61		3.12	0.628

Keterangan :

ETo	Evapotranspirasi potensial dari Penman (mm/hari)
P	Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
Re	Curah hujan efektif (mm/hari)
WLR	Penggantian lapisan air, dua kali selama masa tanam (mm/hari)
Kc	Koefisien tanaman
ETc.	Penggunaan air oleh tanaman ($Kc \times ETo$), mm/hari
NFR	Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi ($ETc + P + WLR - Re$), mm/hari
	Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija ($ETc - Re$), mm/hari
D.R.	Kebutuhan air pada tanaman [$NFR / (Eff \text{ jaringan} \times 8.64)$], l/dt/ha
Eff	Efisiensi jaringan irigasi (57.5 %)
PL	Penyiapan lahan (mm/hari)

Lampiran 22. Harga Satuan untuk Produksi Pertanian
(yang berlaku pada bulan Mei 2006)

NO	JENIS	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
1	Saprodi	(a) Benih Padi		
		➤ IR 64	kg	4.000,-
		➤ Wayapu Buru	kg	3.800,-
		➤ Ciherang	kg	3.600,-
		➤ Cibogo	kg	3.600,-
		➤ Cisedane	kg	4.000,-
		Rata-rata Benih Padi	kg	3.800,-
		(b) Benih Palawija		
		➤ Jagung	kg	27.500,-
		➤ Kedelai	kg	39.000,-
		➤ Kacang Tanah	kg	45.000,-
		(c) Pupuk		
		➤ Urea	kg	1.120,-
		➤ KCL	kg	1.400,-
		➤ ZA	kg	1.050,-
		➤ SP-36	kg	1.400,-
		(d) Obat-obatan		
		➤ Insektisida	botol	51.500,-
		➤ Fungisida	botol	97.000,-
2	Tenaga Kerja	(a) Orang	hari	10.000,-
		(b) Hewan	hari	50.000,-
		(c) Traktor	ha	500.000,-
3	Hasil Produksi	(a) Harga dasar gabah kering sawah		
		➤ IR 64	kwintal	204.000,-
		➤ Wayapu Buru	kwintal	204.000,-
		➤ Ciherang	kwintal	204.000,-
		➤ Cibogo	kwintal	204.000,-
		➤ Cisedane	kwintal	204.000,-
		Rata-rata Standar	kwintal	204.000,-
		(b) Palawija		
		➤ Jagung	kwintal	65.000,-
		➤ Kedelai	kwintal	320.000,-
		➤ Kacang Tanah	kwintal	236.000,-
		Rata-rata Palawija	kwintal	207.000,-

Sumber : Politeknik Negeri Jember (2006)

Lampiran 23. Debit Sungai Rata-rata 10 harian Tahun 1996 - 2005 (liter/detik)

Tahun	Januari			Pebruari			Maret			April			Mei			Juni		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996	1629	1143	1860	2304	1927	1496	1740	2045	1821	1797	2750	2227	1492	1334	1210	1158	1335	1151
1997	2697	3996	5056	7504	4813	2555	3193	1376	1250	1458	1731	1307	39	1217	1219	1244	1214	1169
1998	948	1515	2062	1044	1465	2390	7055	1183	1189	1151	1314	2519	2010	1239	1540	1623	1217	1217
1999	1034	4850	1174	2049	1975	3962	1605	1421	1224	2340	3511	1478	1344	1173	1094	1020	1004	1713
2000	2088	4975	2968	3690	3959	4530	2081	1909	1834	1783	1716	1802	1667	1504	1579	1187	1800	1425
2001	1534	1415	1593	8426	6592	2576	1928	2567	2700	4038	2583	1934	1524	1481	2167	1507	1479	1472
2002	1196	2608	7400	17004	3394	1495	2046	1502	1834	2169	3325	1323	1223	1179	1136	1047	1041	1087
2003	2103	1719	2767	2697	3850	9041	3425	2116	1308	1266	1494	1571	1270	1270	1165	1094	1074	1037
2004	1336	1280	5775	1391	1280	1320	1296	1240	1237	1234	1735	1226	1405	1194	1189	1179	1132	1098
2005	1290	1159	1126	1199	1195	1189	1194	1202	1422	1313	1331	1194	1179	1121	1038	1027	988	988

Tahun	Juli			Agustus			September			Oktober			Nopember			Desember		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996	1082	1115	1056	968	1016	960	955	539	569	869	869	983	1194	4200	2651	2471	1346	1846
1997	1084	1035	921	911	874	867	837	797	754	797	797	963	830	1816	926	2262	1111	1946
1998	2104	1245	1438	1101	1023	999	939	976	1064	994	1077	1080	1534	1095	1214	1416	1076	1186
1999	1379	1157	2180	1244	1131	1164	1144	1156	1098	1006	2455	1501	2308	2794	2371	4624	2380	3629
2000	1313	1187	1161	1118	1052	1051	1045	1023	1075	1172	2968	3276	2957	2948	2988	2111	1111	2069
2001	1341	1407	1407	1317	1274	1081	1031	1122	1017	1027	1188	3289	1991	3640	1284	1244	1272	1213
2002	1030	1021	1016	1008	1044	1064	1038	1004	992	949	949	951	958	960	1225	1292	1384	1452
2003	1024	1028	1024	1039	976	984	990	985	992	994	994	1015	1023	1024	2639	1410	2110	1373
2004	1085	1080	1073	1073	1011	1000	988	991	960	954	948	948	954	1119	1178	1199	1199	1367
2005	988	988	984	988	988	990	984	988	984	991	1000	1000	433	1029	992	1001	1479	3333

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 24. Analisa Frekuensi Debit Sungai (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	Januari						Pebruari					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	1629	948	1143	1143	1860	1126	2304	1044	1927	1195	1496	1189
1997	2	5.50	18.18	2697	1034	3996	1159	5056	1174	7504	1199	4813	1280	2555	1320
1998	3	3.67	27.27	948	1196	1515	1280	2062	1593	1044	1391	1465	1465	2390	1495
1999	4	2.75	36.36	1034	1290	4850	1415	1174	1860	2049	2049	1975	1927	3962	1496
2000	5	2.20	45.45	2088	1336	4975	1515	2968	2062	3690	2304	3959	1975	4530	2390
2001	6	1.83	54.55	1534	1534	1415	1719	1593	2767	8426	2697	6592	3394	2576	2555
2002	7	1.57	63.64	1196	1629	2608	2608	7400	2968	17004	3690	3394	3850	1495	2576
2003	8	1.38	72.73	2103	2088	1719	3996	2767	5056	2697	7504	3850	3959	9041	3962
2004	9	1.22	81.82	1336	2103	1280	4850	5775	5775	1391	8426	1280	4813	1320	4530
2005	10	1.10	90.91	1290	2697	1159	4975	1126	7400	1199	17004	1195	6592	1189	9041

Tahun	m	Tr	f (%)	Maret						April					
1996	1	11.00	9.09	1740	1194	2045	1183	1821	1189	1797	1151	2750	1314	2227	1194
1997	2	5.50	18.18	3193	1296	1376	1202	1250	1224	1458	1234	1731	1331	1307	1226
1998	3	3.67	27.27	7055	1605	1183	1240	1189	1237	1151	1266	1314	1494	2519	1307
1999	4	2.75	36.36	1605	1740	1421	1376	1224	1250	2340	1313	3511	1716	1478	1323
2000	5	2.20	45.45	2081	1928	1909	1421	1834	1308	1783	1458	1716	1731	1802	1478
2001	6	1.83	54.55	1928	2046	2567	1502	2700	1422	4038	1783	2583	1735	1934	1571
2002	7	1.57	63.64	2046	2081	1502	1909	1834	1821	2169	1797	3325	2583	1323	1802
2003	8	1.38	72.73	3425	3193	2116	2045	1308	1834	1266	2169	1494	2750	1571	1934
2004	9	1.22	81.82	1296	3425	1240	2116	1237	1834	1234	2340	1735	3325	1226	2227
2005	10	1.10	90.91	1194	7055	1202	2567	1422	2700	1313	4038	1331	3511	1194	2519

Sumber : Perhitungan

Lampiran 24. Analisa Frekuensi Debit Sungai (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	Mei						Juni					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	1492	39	1334	1121	1210	1038	1158	1020	1335	988	1151	988
1997	2	5.50	18.18	39	1179	1217	1173	1219	1094	1244	1027	1214	1004	1169	1037
1998	3	3.67	27.27	2010	1223	1239	1179	1540	1136	1623	1047	1217	1041	1217	1087
1999	4	2.75	36.36	1344	1270	1173	1194	1094	1165	1020	1094	1004	1074	1713	1098
2000	5	2.20	45.45	1667	1344	1504	1217	1579	1189	1187	1158	1800	1132	1425	1151
2001	6	1.83	54.55	1524	1405	1481	1239	2167	1210	1507	1179	1479	1214	1472	1169
2002	7	1.57	63.64	1223	1492	1179	1270	1136	1219	1047	1187	1041	1217	1087	1217
2003	8	1.38	72.73	1270	1524	1270	1334	1165	1540	1094	1244	1074	1335	1037	1425
2004	9	1.22	81.82	1405	1667	1194	1481	1189	1579	1179	1507	1132	1479	1098	1472
2005	10	1.10	90.91	1179	2010	1121	1504	1038	2167	1027	1623	988	1800	988	1713

Tahun	m	Tr	f (%)	Juli						Agustus					
1996	1	11.00	9.09	1082	988	1115	988	1056	921	968	911	1016	874	960	867
1997	2	5.50	18.18	1084	1024	1035	1021	921	984	911	968	874	976	867	960
1998	3	3.67	27.27	2104	1030	1245	1028	1438	1016	1101	988	1023	988	999	984
1999	4	2.75	36.36	1379	1082	1157	1035	2180	1024	1244	1008	1131	1011	1164	990
2000	5	2.20	45.45	1313	1084	1187	1080	1161	1056	1118	1039	1052	1016	1051	999
2001	6	1.83	54.55	1341	1085	1407	1115	1407	1073	1317	1073	1274	1023	1081	1000
2002	7	1.57	63.64	1030	1313	1021	1157	1016	1161	1008	1101	1044	1044	1064	1051
2003	8	1.38	72.73	1024	1341	1028	1187	1024	1407	1039	1118	976	1052	984	1064
2004	9	1.22	81.82	1085	1379	1080	1245	1073	1438	1073	1244	1011	1131	1000	1081
2005	10	1.10	90.91	988	2104	988	1407	984	2180	988	1317	988	1274	990	1164

Sumber : Perhitungan

Lampiran 24. Analisa Frekuensi Debit Sungai (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	September						Oktober					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri	Debit Sungai	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	955	837	539	539	569	569	869	797	869	797	983	948
1997	2	5.50	18.18	837	939	797	797	754	754	797	869	797	869	963	951
1998	3	3.67	27.27	939	955	976	976	1064	960	994	949	1077	948	1080	963
1999	4	2.75	36.36	1144	984	1156	985	1098	984	1006	954	2455	949	1501	983
2000	5	2.20	45.45	1045	988	1023	988	1075	992	1172	991	2968	994	3276	1000
2001	6	1.83	54.55	1031	990	1122	991	1017	992	1027	994	1188	1000	3289	1015
2002	7	1.57	63.64	1038	1031	1004	1004	992	1017	949	994	949	1077	951	1080
2003	8	1.38	72.73	990	1038	985	1023	992	1064	994	1006	994	1188	1015	1501
2004	9	1.22	81.82	988	1045	991	1122	960	1075	954	1027	948	2455	948	3276
2005	10	1.10	90.91	984	1144	988	1156	984	1098	991	1172	1000	2968	1000	3289

Tahun	m	Tr	f (%)	Nopember						Desember					
1996	1	11.00	9.09	1194	433	4200	960	2651	926	2471	1001	1346	1076	1846	1186
1997	2	5.50	18.18	830	830	1816	1024	926	992	2262	1199	1111	1111	1946	1213
1998	3	3.67	27.27	1534	954	1095	1029	1214	1178	1416	1244	1076	1111	1186	1367
1999	4	2.75	36.36	2308	958	2794	1095	2371	1214	4624	1292	2380	1199	3629	1373
2000	5	2.20	45.45	2957	1023	2948	1119	2988	1225	2111	1410	1111	1272	2069	1452
2001	6	1.83	54.55	1991	1194	3640	1816	1284	1284	1244	1416	1272	1346	1213	1846
2002	7	1.57	63.64	958	1534	960	2794	1225	2371	1292	2111	1384	1384	1452	1946
2003	8	1.38	72.73	1023	1991	1024	2948	2639	2639	1410	2262	2110	1479	1373	2069
2004	9	1.22	81.82	954	2308	1119	3640	1178	2651	1199	2471	1199	2110	1367	3333
2005	10	1.10	90.91	433	2957	1029	4200	992	2988	1001	4624	1479	2380	3333	3629

Sumber : Perhitungan

Lampiran 25. Debit Intake Rata-rata 10 harian Bendung Wonosroyo Tahun 1996 - 2005 (liter/detik)

Tahun	Januari			Pebruari			Maret			April			Mei			Juni		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996	1452	1112	1552	1515	1515	1496	1621	1821	1821	1632	1822	1794	1492	1334	1210	1158	1335	1151
1997	1472	1346	1322	3770	1612	1496	1672	1376	1250	1222	1352	1307	39	1217	1219	1244	1214	1169
1998	948	1515	2015	477	799	1625	1614	1183	1189	1151	1314	1350	1898	1147	1352	1435	1217	1217
1999	1034	1235	1174	1451	900	1105	1449	1421	1224	1489	1721	1478	1344	1173	1094	1020	1004	1352
2000	1790	1326	1250	1845	1598	1567	1586	1697	1834	1783	1716	1597	1552	1504	1579	1187	1508	1307
2001	1192	1210	1195	1375	1283	1533	1638	1658	1692	1824	1778	1686	1524	1481	1550	1507	1479	1472
2002	1196	1417	1792	1167	1492	1495	1352	1215	1279	1147	1391	1323	1223	1179	1136	1047	1041	1087
2003	1690	1719	1278	1330	1366	1156	1556	1494	1308	1211	1494	1284	1270	1270	1165	1094	1074	1037
2004	1336	1280	1510	1391	1280	1320	1296	1240	1237	1234	1238	1226	1229	1194	1189	1179	1132	1098
2005	1290	1159	1126	1199	1195	1189	1194	1202	1305	1313	1331	1194	1179	1121	1038	1027	988	988

Tahun	Juli			Agustus			September			Oktober			Nopember			Desember		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996	1082	1115	1056	968	1016	960	955	539	569	869	869	983	1194	1308	1154	1221	1311	1229
1997	1084	1035	921	911	874	867	837	797	754	797	797	963	830	862	926	1060	1111	1575
1998	2104	1069	1360	1101	1023	999	939	976	1064	994	1077	1080	1222	1040	1115	1248	1021	1186
1999	1223	1157	1450	1244	1131	1164	1144	1156	1098	1006	1504	1501	1357	1615	1641	1797	1716	1804
2000	1218	1187	1161	1118	1052	1051	1045	1023	1075	1172	1736	1934	2957	2948	2988	2111	1111	2069
2001	1341	1407	1407	1317	1274	1081	1031	1067	1017	1027	1115	1746	1743	1696	1284	1244	1272	1213
2002	1030	1021	1016	1008	1044	1064	1038	1004	992	949	949	951	958	960	1171	1292	1384	1452
2003	1024	1028	1024	1039	976	984	990	985	992	994	994	1015	1023	1024	1309	1410	1832	1373
2004	1085	1080	1073	1073	1011	1000	988	991	960	954	948	948	954	1050	1178	1199	1199	1367
2005	988	988	984	659	988	990	984	988	984	991	1000	1000	433	588	992	1001	1037	1813

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso (2006)

Lampiran 26. Analisa Frekuensi Debit Intake Bendung Wonosroyo (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	Januari						Pebruari					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	1452	948	1112	1112	1552	1126	1515	477	1515	799	1496	1105
1997	2	5.50	18.18	1472	1034	1346	1159	1322	1174	3770	1167	1612	900	1496	1156
1998	3	3.67	27.27	948	1192	1515	1210	2015	1195	477	1199	799	1195	1625	1189
1999	4	2.75	36.36	1034	1196	1235	1235	1174	1250	1451	1330	900	1280	1105	1320
2000	5	2.20	45.45	1790	1290	1326	1280	1250	1278	1845	1375	1598	1283	1567	1495
2001	6	1.83	54.55	1192	1336	1210	1326	1195	1322	1375	1391	1283	1366	1533	1496
2002	7	1.57	63.64	1196	1452	1417	1346	1792	1510	1167	1451	1492	1492	1495	1496
2003	8	1.38	72.73	1690	1472	1719	1417	1278	1552	1330	1515	1366	1515	1156	1533
2004	9	1.22	81.82	1336	1690	1280	1515	1510	1792	1391	1845	1280	1598	1320	1567
2005	10	1.10	90.91	1290	1790	1159	1719	1126	2015	1199	3770	1195	1612	1189	1625

Tahun	m	Tr	f (%)	Maret						April					
1996	1	11.00	9.09	1621	1194	1821	1183	1821	1189	1632	1147	1822	1238	1794	1194
1997	2	5.50	18.18	1672	1296	1376	1202	1250	1224	1222	1151	1352	1314	1307	1226
1998	3	3.67	27.27	1614	1352	1183	1215	1189	1237	1151	1211	1314	1331	1350	1284
1999	4	2.75	36.36	1449	1449	1421	1240	1224	1250	1489	1222	1721	1352	1478	1307
2000	5	2.20	45.45	1586	1556	1697	1376	1834	1279	1783	1234	1716	1391	1597	1323
2001	6	1.83	54.55	1638	1586	1658	1421	1692	1305	1824	1313	1778	1494	1686	1350
2002	7	1.57	63.64	1352	1614	1215	1494	1279	1308	1147	1489	1391	1716	1323	1478
2003	8	1.38	72.73	1556	1621	1494	1658	1308	1692	1211	1632	1494	1721	1284	1597
2004	9	1.22	81.82	1296	1638	1240	1697	1237	1821	1234	1783	1238	1778	1226	1686
2005	10	1.10	90.91	1194	1672	1202	1821	1305	1834	1313	1824	1331	1822	1194	1794

Sumber : Perhitungan

Lampiran 26. Analisa Frekuensi Debit Intake Bendung Wonosroyo (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	Mei						Juni					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	1492	39	1334	1121	1210	1038	1158	1020	1335	988	1151	988
1997	2	5.50	18.18	39	1179	1217	1147	1219	1094	1244	1027	1214	1004	1169	1037
1998	3	3.67	27.27	1898	1223	1147	1173	1352	1136	1435	1047	1217	1041	1217	1087
1999	4	2.75	36.36	1344	1229	1173	1179	1094	1165	1020	1094	1004	1074	1352	1098
2000	5	2.20	45.45	1552	1270	1504	1194	1579	1189	1187	1158	1508	1132	1307	1151
2001	6	1.83	54.55	1524	1344	1481	1217	1550	1210	1507	1179	1479	1214	1472	1169
2002	7	1.57	63.64	1223	1492	1179	1270	1136	1219	1047	1187	1041	1217	1087	1217
2003	8	1.38	72.73	1270	1524	1270	1334	1165	1352	1094	1244	1074	1335	1037	1307
2004	9	1.22	81.82	1229	1552	1194	1481	1189	1550	1179	1435	1132	1479	1098	1352
2005	10	1.10	90.91	1179	1898	1121	1504	1038	1579	1027	1507	988	1508	988	1472

Tahun	m	Tr	f (%)	Juli						Agustus					
1996	1	11.00	9.09	1082	988	1115	988	1056	921	968	659	1016	874	960	867
1997	2	5.50	18.18	1084	1024	1035	1021	921	984	911	911	874	976	867	960
1998	3	3.67	27.27	2104	1030	1069	1028	1360	1016	1101	968	1023	988	999	984
1999	4	2.75	36.36	1223	1082	1157	1035	1450	1024	1244	1008	1131	1011	1164	990
2000	5	2.20	45.45	1218	1084	1187	1069	1161	1056	1118	1039	1052	1016	1051	999
2001	6	1.83	54.55	1341	1085	1407	1080	1407	1073	1317	1073	1274	1023	1081	1000
2002	7	1.57	63.64	1030	1218	1021	1115	1016	1161	1008	1101	1044	1044	1064	1051
2003	8	1.38	72.73	1024	1223	1028	1157	1024	1360	1039	1118	976	1052	984	1064
2004	9	1.22	81.82	1085	1341	1080	1187	1073	1407	1073	1244	1011	1131	1000	1081
2005	10	1.10	90.91	988	2104	988	1407	984	1450	659	1317	988	1274	990	1164

Sumber : Perhitungan

Lampiran 26. Analisa Frekuensi Debit Intake Bendung Wonosroyo (liter/detik)

Tahun	Ranking (m)	Tr = (n+1) / m	f =100/Tr (%)	September						Oktober					
				Periode-I		Periode-II		Periode-III		Periode-I		Periode-II		Periode-III	
				Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri	Debit Intake	Data Seri
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1996	1	11.00	9.09	955	837	539	539	569	569	869	797	869	797	983	948
1997	2	5.50	18.18	837	939	797	797	754	754	797	869	797	869	963	951
1998	3	3.67	27.27	939	955	976	976	1064	960	994	949	1077	948	1080	963
1999	4	2.75	36.36	1144	984	1156	985	1098	984	1006	954	1504	949	1501	983
2000	5	2.20	45.45	1045	988	1023	988	1075	992	1172	991	1736	994	1934	1000
2001	6	1.83	54.55	1031	990	1067	991	1017	992	1027	994	1115	1000	1746	1015
2002	7	1.57	63.64	1038	1031	1004	1004	992	1017	949	994	949	1077	951	1080
2003	8	1.38	72.73	990	1038	985	1023	992	1064	994	1006	994	1115	1015	1501
2004	9	1.22	81.82	988	1045	991	1067	960	1075	954	1027	948	1504	948	1746
2005	10	1.10	90.91	984	1144	988	1156	984	1098	991	1172	1000	1736	1000	1934

Tahun	m	Tr	f (%)	Nopember						Desember					
1996	1	11.00	9.09	1194	433	1308	588	1154	926	1221	1001	1311	1021	1229	1186
1997	2	5.50	18.18	830	830	862	862	926	992	1060	1060	1111	1037	1575	1213
1998	3	3.67	27.27	1222	954	1040	960	1115	1115	1248	1199	1021	1111	1186	1229
1999	4	2.75	36.36	1357	958	1615	1024	1641	1154	1797	1221	1716	1111	1804	1367
2000	5	2.20	45.45	2957	1023	2948	1040	2988	1171	2111	1244	1111	1199	2069	1373
2001	6	1.83	54.55	1743	1194	1696	1050	1284	1178	1244	1248	1272	1272	1213	1452
2002	7	1.57	63.64	958	1222	960	1308	1171	1284	1292	1292	1384	1311	1452	1575
2003	8	1.38	72.73	1023	1357	1024	1615	1309	1309	1410	1410	1832	1384	1373	1804
2004	9	1.22	81.82	954	1743	1050	1696	1178	1641	1199	1797	1199	1716	1367	1813
2005	10	1.10	90.91	433	2957	588	2948	992	2988	1001	2111	1037	1832	1813	2069

Sumber : Perhitungan

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I Golongan - A

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 5866 X_{11} + 5458 X_{21} + 5050 X_{31} + 5356 X_{41} + 5764 X_{51} + 5336 X_{61} + \\ & 5009 X_{71} + 5887 X_{81} + 5581 X_{91} + 4805 X_{101} + 5356 X_{111} + \\ & 4683 X_{121} + 5030 X_{131} + 5336 X_{141} + 4989 X_{151} + 5785 X_{161} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 9568 X_{11} + 9568 X_{21} + 9568 X_{31} + 9568 X_{41} + 9568 X_{51} + 9569 X_{61} + \\ & 9568 X_{71} + 9568 X_{81} + 9568 X_{91} + 9568 X_{101} + 9568 X_{111} + \\ & 9568 X_{121} + 9568 X_{131} + 9568 X_{141} + 9568 X_{151} + \\ & 9568 X_{161} \leq 17\,003\,520 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} + \\ & X_{101} + X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{11} \leq 106 & X_{21} \leq 151 & X_{31} \leq 110 & X_{41} \leq 137 \\ X_{51} \leq 164 & X_{61} \leq 157 & X_{71} \leq 191 & X_{81} \leq 103 \\ X_{91} \leq 148 & X_{101} \leq 105 & X_{111} \leq 138 & X_{121} \leq 102 \\ X_{131} \leq 164 & X_{141} \leq 144 & X_{151} \leq 179 & X_{161} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II Golongan - A

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 4397 X_{12} + 4438 X_{22} + 4724 X_{32} + 4132 X_{42} + 4561 X_{52} + 3949 X_{62} + \\ & 3847 X_{72} + 5132 X_{82} + 4479 X_{92} + 4193 X_{102} + 4540 X_{112} + \\ & 4173 X_{122} + 4663 X_{132} + 4601 X_{142} + 4173 X_{152} + 5479 X_{162} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 9273 X_{12} + 9273 X_{22} + 9273 X_{32} + 9273 X_{42} + 9273 X_{52} + 9273 X_{62} + \\ & 9273 X_{72} + 9273 X_{82} + 9273 X_{92} + 9273 X_{102} + 9273 X_{112} + \\ & 9273 X_{122} + 9273 X_{132} + 9273 X_{142} + 9273 X_{152} + \\ & 9273 X_{162} \leq 17\,273\,088 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} + \\ & X_{102} + X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152} + X_{162} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{12} \leq 106 & X_{22} \leq 151 & X_{32} \leq 110 & X_{42} \leq 137 \\ X_{52} \leq 164 & X_{62} \leq 157 & X_{72} \leq 191 & X_{82} \leq 103 \\ X_{92} \leq 148 & X_{102} \leq 105 & X_{112} \leq 138 & X_{122} \leq 102 \\ X_{132} \leq 164 & X_{142} \leq 144 & X_{152} \leq 179 & X_{162} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III Golongan - A

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 2788 X_{13} + 2332 X_{23} + 4589 X_{33} + 2022 X_{43} + 4506 X_{53} + 2374 X_{63} + \\ & 2353 X_{73} + 4527 X_{83} + 2933 X_{93} + 2146 X_{103} + 2498 X_{113} + \\ & 2312 X_{123} + 3160 X_{133} + 2519 X_{143} + 2208 X_{153} + 2995 X_{163} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad & 4661 X_{13} + 4661 X_{23} + 4661 X_{33} + 4661 X_{43} + 4661 X_{53} + 4661 X_{63} + \\ & 4661 X_{73} + 4661 X_{83} + 4661 X_{93} + 4661 X_{103} + 4661 X_{113} + \\ & 4661 X_{123} + 4661 X_{133} + 4661 X_{143} + 4661 X_{153} + \\ & 4661 X_{163} \leq 12\,825\,216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad & X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} + \\ & X_{103} + X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{143} + X_{153} + X_{163} \leq 2305 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.} \quad & \begin{array}{cccc} X_{13} \leq 106 & X_{23} \leq 151 & X_{33} \leq 110 & X_{43} \leq 137 \\ X_{53} \leq 164 & X_{63} \leq 157 & X_{73} \leq 191 & X_{83} \leq 103 \\ X_{93} \leq 148 & X_{103} \leq 105 & X_{113} \leq 138 & X_{123} \leq 102 \\ X_{133} \leq 164 & X_{143} \leq 144 & X_{153} \leq 179 & X_{163} \leq 206 \end{array} \end{aligned}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I Golongan - B

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 5866 X_{11} + 5458 X_{21} + 5050 X_{31} + 5356 X_{41} + 5764 X_{51} + 5336 X_{61} + \\ & 5009 X_{71} + 5887 X_{81} + 5581 X_{91} + 4805 X_{101} + 5356 X_{111} + \\ & 4683 X_{121} + 5030 X_{131} + 5336 X_{141} + 4989 X_{151} + 5785 X_{161} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 8996 X_{11} + 8996 X_{21} + 8996 X_{31} + 8996 X_{41} + 8996 X_{51} + 8996 X_{61} + \\ & 8996 X_{71} + 8996 X_{81} + 8996 X_{91} + 8996 X_{101} + 8996 X_{111} + \\ & 8996 X_{121} + 8996 X_{131} + 8996 X_{141} + 8996 X_{151} + \\ & 8996 X_{161} \leq 17\,003\,520 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} + \\ & X_{101} + X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{11} \leq 106 & X_{21} \leq 151 & X_{31} \leq 110 & X_{41} \leq 137 \\ X_{51} \leq 164 & X_{61} \leq 157 & X_{71} \leq 191 & X_{81} \leq 103 \\ X_{91} \leq 148 & X_{101} \leq 105 & X_{111} \leq 138 & X_{121} \leq 102 \\ X_{131} \leq 164 & X_{141} \leq 144 & X_{151} \leq 179 & X_{161} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II Golongan - B

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 4397 X_{12} + 4438 X_{22} + 4724 X_{32} + 4132 X_{42} + 4561 X_{52} + 3949 X_{62} + \\ & 3847 X_{72} + 5132 X_{82} + 4479 X_{92} + 4193 X_{102} + 4540 X_{112} + \\ & 4173 X_{122} + 4663 X_{132} + 4601 X_{142} + 4173 X_{152} + 5479 X_{162} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 9490 X_{12} + 9490 X_{22} + 9490 X_{32} + 9490 X_{42} + 9490 X_{52} + 9490 X_{62} + \\ & 9490 X_{72} + 9490 X_{82} + 9490 X_{92} + 9490 X_{102} + 9490 X_{112} + \\ & 9490 X_{122} + 9490 X_{132} + 9490 X_{142} + 9490 X_{152} + \\ & 9490 X_{162} \leq 17\,273\,088 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} + \\ & X_{102} + X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152} + X_{162} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{12} \leq 106 & X_{22} \leq 151 & X_{32} \leq 110 & X_{42} \leq 137 \\ X_{52} \leq 164 & X_{62} \leq 157 & X_{72} \leq 191 & X_{82} \leq 103 \\ X_{92} \leq 148 & X_{102} \leq 105 & X_{112} \leq 138 & X_{122} \leq 102 \\ X_{132} \leq 164 & X_{142} \leq 144 & X_{152} \leq 179 & X_{162} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III Golongan - B

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 2788 X_{13} + 2332 X_{23} + 4589 X_{33} + 2022 X_{43} + 4506 X_{53} + 2374 X_{63} + \\ & 2353 X_{73} + 4527 X_{83} + 2933 X_{93} + 2146 X_{103} + 2498 X_{113} + \\ & 2312 X_{123} + 3160 X_{133} + 2519 X_{143} + 2208 X_{153} + 2995 X_{163} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad & 5352 X_{13} + 5352 X_{23} + 5352 X_{33} + 5352 X_{43} + 5352 X_{53} + 5352 X_{63} + \\ & 5352 X_{73} + 5352 X_{83} + 5352 X_{93} + 5352 X_{103} + 5352 X_{113} + \\ & 5352 X_{123} + 5352 X_{133} + 5352 X_{143} + 5352 X_{153} + \\ & 5352 X_{163} \leq 12\,825\,216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad & X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} + \\ & X_{103} + X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{143} + X_{153} + X_{163} \leq 2305 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.} \quad & \begin{array}{llll} X_{13} \leq 106 & X_{23} \leq 151 & X_{33} \leq 110 & X_{43} \leq 137 \\ X_{53} \leq 164 & X_{63} \leq 157 & X_{73} \leq 191 & X_{83} \leq 103 \\ X_{93} \leq 148 & X_{103} \leq 105 & X_{113} \leq 138 & X_{123} \leq 102 \\ X_{133} \leq 164 & X_{143} \leq 144 & X_{153} \leq 179 & X_{163} \leq 206 \end{array} \end{aligned}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I Golongan - C

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 5866 X_{11} + 5458 X_{21} + 5050 X_{31} + 5356 X_{41} + 5764 X_{51} + 5336 X_{61} + \\ & 5009 X_{71} + 5887 X_{81} + 5581 X_{91} + 4805 X_{101} + 5356 X_{111} + \\ & 4683 X_{121} + 5030 X_{131} + 5336 X_{141} + 4989 X_{151} + 5785 X_{161} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 8120 X_{11} + 8120 X_{21} + 8120 X_{31} + 8120 X_{41} + 8120 X_{51} + 8120 X_{61} + \\ & 8120 X_{71} + 8120 X_{81} + 8120 X_{91} + 8120 X_{101} + 8120 X_{111} + \\ & 8120 X_{121} + 8120 X_{131} + 8120 X_{141} + 8120 X_{151} + \\ & 8120 X_{161} \leq 17\,003\,520 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} + \\ & X_{101} + X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{11} \leq 106 & X_{21} \leq 151 & X_{31} \leq 110 & X_{41} \leq 137 \\ X_{51} \leq 164 & X_{61} \leq 157 & X_{71} \leq 191 & X_{81} \leq 103 \\ X_{91} \leq 148 & X_{101} \leq 105 & X_{111} \leq 138 & X_{121} \leq 102 \\ X_{131} \leq 164 & X_{141} \leq 144 & X_{151} \leq 179 & X_{161} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II Golongan - C

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 4397 X_{12} + 4438 X_{22} + 4724 X_{32} + 4132 X_{42} + 4561 X_{52} + 3949 X_{62} + \\ & 3847 X_{72} + 5132 X_{82} + 4479 X_{92} + 4193 X_{102} + 4540 X_{112} + \\ & 4173 X_{122} + 4663 X_{132} + 4601 X_{142} + 4173 X_{152} + 5479 X_{162} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 9261 X_{12} + 9261 X_{22} + 9261 X_{32} + 9261 X_{42} + 9261 X_{52} + 9261 X_{62} + \\ & 9261 X_{72} + 9261 X_{82} + 9261 X_{92} + 9261 X_{102} + 9261 X_{112} + \\ & 9261 X_{122} + 9261 X_{132} + 9261 X_{142} + 9261 X_{152} + \\ & 9261 X_{162} \leq 17\,273\,088 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} + \\ & X_{102} + X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152} + X_{162} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{12} \leq 106 & X_{22} \leq 151 & X_{32} \leq 110 & X_{42} \leq 137 \\ X_{52} \leq 164 & X_{62} \leq 157 & X_{72} \leq 191 & X_{82} \leq 103 \\ X_{92} \leq 148 & X_{102} \leq 105 & X_{112} \leq 138 & X_{122} \leq 102 \\ X_{132} \leq 164 & X_{142} \leq 144 & X_{152} \leq 179 & X_{162} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III Golongan - C

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 2788 X_{13} + 2332 X_{23} + 4589 X_{33} + 2022 X_{43} + 4506 X_{53} + 2374 X_{63} + \\ & 2353 X_{73} + 4527 X_{83} + 2933 X_{93} + 2146 X_{103} + 2498 X_{113} + \\ & 2312 X_{123} + 3160 X_{133} + 2519 X_{143} + 2208 X_{153} + 2995 X_{163} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 6440 X_{13} + 6440 X_{23} + 6440 X_{33} + 6440 X_{43} + 6440 X_{53} + 6440 X_{63} + \\ & 6440 X_{73} + 6440 X_{83} + 6440 X_{93} + 6440 X_{103} + 6440 X_{113} + \\ & 6440 X_{123} + 6440 X_{133} + 6440 X_{143} + 6440 X_{153} + \\ & 6440 X_{163} \leq 12\,825\,216 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} + \\ & X_{103} + X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{143} + X_{153} + X_{163} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{13} \leq 106 & X_{23} \leq 151 & X_{33} \leq 110 & X_{43} \leq 137 \\ X_{53} \leq 164 & X_{63} \leq 157 & X_{73} \leq 191 & X_{83} \leq 103 \\ X_{93} \leq 148 & X_{103} \leq 105 & X_{113} \leq 138 & X_{123} \leq 102 \\ X_{133} \leq 164 & X_{143} \leq 144 & X_{153} \leq 179 & X_{163} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I Golongan - D

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 5866 X_{11} + 5458 X_{21} + 5050 X_{31} + 5356 X_{41} + 5764 X_{51} + 5336 X_{61} + \\ & 5009 X_{71} + 5887 X_{81} + 5581 X_{91} + 4805 X_{101} + 5356 X_{111} + \\ & 4683 X_{121} + 5030 X_{131} + 5336 X_{141} + 4989 X_{151} + 5785 X_{161} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 7097 X_{11} + 7097 X_{21} + 7097 X_{31} + 7097 X_{41} + 7097 X_{51} + 7097 X_{61} + \\ & 7097 X_{71} + 7097 X_{81} + 7097 X_{91} + 7097 X_{101} + 7097 X_{111} + \\ & 7097 X_{121} + 7097 X_{131} + 7097 X_{141} + 7097 X_{151} + \\ & 7097 X_{161} \leq 17\,003\,520 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} + \\ & X_{101} + X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{11} \leq 106 & X_{21} \leq 151 & X_{31} \leq 110 & X_{41} \leq 137 \\ X_{51} \leq 164 & X_{61} \leq 157 & X_{71} \leq 191 & X_{81} \leq 103 \\ X_{91} \leq 148 & X_{101} \leq 105 & X_{111} \leq 138 & X_{121} \leq 102 \\ X_{131} \leq 164 & X_{141} \leq 144 & X_{151} \leq 179 & X_{161} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II Golongan - D

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 4397 X_{12} + 4438 X_{22} + 4724 X_{32} + 4132 X_{42} + 4561 X_{52} + 3949 X_{62} + \\ & 3847 X_{72} + 5132 X_{82} + 4479 X_{92} + 4193 X_{102} + 4540 X_{112} + \\ & 4173 X_{122} + 4663 X_{132} + 4601 X_{142} + 4173 X_{152} + 5479 X_{162} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 9070 X_{12} + 9070 X_{22} + 9070 X_{32} + 9070 X_{42} + 9070 X_{52} + 9070 X_{62} + \\ & 9070 X_{72} + 9070 X_{82} + 9070 X_{92} + 9070 X_{102} + 9070 X_{112} + \\ & 9070 X_{122} + 9070 X_{132} + 9070 X_{142} + 9070 X_{152} + \\ & 9070 X_{162} \leq 17\,273\,088 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} + \\ & X_{102} + X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152} + X_{162} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{12} \leq 106 & X_{22} \leq 151 & X_{32} \leq 110 & X_{42} \leq 137 \\ X_{52} \leq 164 & X_{62} \leq 157 & X_{72} \leq 191 & X_{82} \leq 103 \\ X_{92} \leq 148 & X_{102} \leq 105 & X_{112} \leq 138 & X_{122} \leq 102 \\ X_{132} \leq 164 & X_{142} \leq 144 & X_{152} \leq 179 & X_{162} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 27. Formulasi Matematis dalam Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III Golongan - D

1. Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z = & 2788 X_{13} + 2332 X_{23} + 4589 X_{33} + 2022 X_{43} + 4506 X_{53} + 2374 X_{63} + \\ & 2353 X_{73} + 4527 X_{83} + 2933 X_{93} + 2146 X_{103} + 2498 X_{113} + \\ & 2312 X_{123} + 3160 X_{133} + 2519 X_{143} + 2208 X_{153} + 2995 X_{163} \end{aligned}$$

2. Fungsi Kendala :

a.
$$\begin{aligned} & 7645 X_{13} + 7645 X_{23} + 7645 X_{33} + 7645 X_{43} + 7645 X_{53} + 7645 X_{63} + \\ & 7645 X_{73} + 7645 X_{83} + 7645 X_{93} + 7645 X_{103} + 7645 X_{113} + \\ & 7645 X_{123} + 7645 X_{133} + 7645 X_{143} + 7645 X_{153} + \\ & 7645 X_{163} \leq 12\,825\,216 \end{aligned}$$

b.
$$\begin{aligned} & X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} + \\ & X_{103} + X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{143} + X_{153} + X_{163} \leq 2305 \end{aligned}$$

c.
$$\begin{array}{llll} X_{13} \leq 106 & X_{23} \leq 151 & X_{33} \leq 110 & X_{43} \leq 137 \\ X_{53} \leq 164 & X_{63} \leq 157 & X_{73} \leq 191 & X_{83} \leq 103 \\ X_{93} \leq 148 & X_{103} \leq 105 & X_{113} \leq 138 & X_{123} \leq 102 \\ X_{133} \leq 164 & X_{143} \leq 144 & X_{153} \leq 179 & X_{163} \leq 206 \end{array}$$

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I dengan Awal Tanam 01 Oktober (Golongan - A)

Optimasi MT Periode I Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	5,866.	5,458.	5,050.	5,356.	5,764.	5,336.	5,009.
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.
Solution->	106.	151.	110.	137.	164.	157.	49,1237

Optimasi MT Periode I Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	5,009.	5,887.	5,581.	4,805.	5,356.	4,683.	5,030.
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.
Solution->	49,1237	103.	148.	0.	138.	0.	164.

Optimasi MT Periode I Solution						
	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual
Maximize	5,030.	5,336.	4,989.	5,785.		
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.
Constraint 18	9,568.	9,568.	9,568.	9,568.	<=	17,003,520.
Solution->	164.	144.	0.	206.		9,720,826.

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II dengan Awal Tanam 01 Oktober (Golongan - A)

Optimasi MT Periode II Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	4,397	4,438	4,724	4,132	4,561	3,949	3,847
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273
Solution->	106.	151.	110.	42.7292	164.	0.	0.
Optimasi M1 Periode II Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	3,847	5,132	4,479	4,193	4,540	4,173	4,663
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	0.	1.	1.
Constraint 18	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273	9,273
Solution->	0.	103.	148.	105.	138.	102.	164.
Optimasi M2 Periode II Solution							
	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual	
Maximize	4,663	4,601	4,173	5,479			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	265.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	306.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	592.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	429.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	0.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	1,000.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	347.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	61.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	498.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	41.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	531.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	469.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	41.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	1,347.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.	0.
Constraint 18	9,273	9,273	9,273	9,273	<=	17,273.090	0.4456
Solution->	164.	144.	179.	206.		8,567.257	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III dengan Awal Tanam 01 Oktober (Golongan - A)

Optimasi MT Periode III Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	2,788.	2,332.	4,589.	2,022.	4,506.	2,374.	2,353.
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.
Solution->	106.	151.	110.	137.	164.	157.	191.
Optimasi MT Periode III Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	2,353.	4,527.	2,933.	2,146.	2,498.	2,312.	3,160.
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.
Solution->	191.	103.	148.	105.	138.	102.	164.
	X13	X14	X15	X16	RHS		Dual
Maximize	3,160.	2,519.	2,208.	2,995.			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	2,788.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	2,332.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	4,589.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	2,022.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	4,506.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	2,374.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	2,353.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	4,527.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	2,933.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	2,146.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	2,498.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	2,312.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	3,160.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	2,519.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	2,208.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	2,995.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.	0.
Constraint 18	4,661.	4,661.	4,661.	4,661.	<=	12,825,220.	0.
Solution->	164.	144.	179.	206.	6,590,010.		

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I dengan Awal Tanam 11 Oktober (Golongan - B)

Optimasi MT Periode I Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	5,866	5,458	5,050	5,356	5,764	5,336	5,009
Constraint 1	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 7	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 8	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	1	1	1
Constraint 18	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996
Solution->	106	151	110	137	164	157	162.1201
Optimasi MT Periode I Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	5,009	5,887	5,581	4,805	5,356	4,683	5,030
Constraint 1	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 7	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 8	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	1	1	1
Constraint 18	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996	8,996
Solution->	162.1201	103	148	0	138	0	164
	X13	X14	X15	X16		RHS	Dual
Maximize	5,030	5,336	4,989	5,785			
Constraint 1	0	0	0	0	<=	106	857
Constraint 2	0	0	0	0	<=	151	449
Constraint 3	0	0	0	0	<=	110	41
Constraint 4	0	0	0	0	<=	137	347
Constraint 5	0	0	0	0	<=	164	755
Constraint 6	0	0	0	0	<=	157	327
Constraint 7	0	0	0	0	<=	191	0
Constraint 8	0	0	0	0	<=	103	878
Constraint 9	0	0	0	0	<=	148	572
Constraint 10	0	0	0	0	<=	105	0
Constraint 11	0	0	0	0	<=	138	347
Constraint 12	0	0	0	0	<=	102	0
Constraint 13	1	0	0	0	<=	164	21
Constraint 14	0	1	0	0	<=	144	327
Constraint 15	0	0	1	0	<=	179	0
Constraint 16	0	0	0	1	<=	206	776
Constraint 17	1	1	1	1	<=	2,305	0
Constraint 18	8,996	8,996	8,996	8,996	<=	17,003.520	0.5568
Solution->	164	144	0	206		10.286.820	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II dengan Awal Tanam 11 Oktober (Golongan - B)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	4,397	4,438	4,724	4,132	4,561	3,949	3,847
Constraint 1	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 7	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 8	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	1	1	1
Constraint 18	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490
Solution->	106	151	110	137	164	157	191

Optimasi MT Periode II Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	3,847	5,132	4,479	4,193	4,540	4,173	4,663
Constraint 1	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 7	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 8	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	0	1	1
Constraint 18	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490	9,490
Solution->	191	103	148	105	138	102	164

Optimasi MT Periode II Solution							
	X13	X14	X15	X16		RHS	Dual
Maximize	4,663	4,601	4,173	5,479			
Constraint 1	0	0	0	0	<=	106	4,397
Constraint 2	0	0	0	0	<=	151	4,438
Constraint 3	0	0	0	0	<=	110	4,724
Constraint 4	0	0	0	0	<=	137	4,132
Constraint 5	0	0	0	0	<=	164	4,561
Constraint 6	0	0	0	0	<=	157	3,949
Constraint 7	0	0	0	0	<=	191	3,847
Constraint 8	0	0	0	0	<=	183	5,132
Constraint 9	0	0	0	0	<=	148	4,479
Constraint 10	0	0	0	0	<=	105	4,193
Constraint 11	0	0	0	0	<=	138	4,540
Constraint 12	0	0	0	0	<=	102	4,173
Constraint 13	1	0	0	0	<=	164	4,663
Constraint 14	0	1	0	0	<=	144	4,601
Constraint 15	0	0	1	0	<=	179	4,173
Constraint 16	0	0	0	1	<=	206	5,479
Constraint 17	1	1	1	1	<=	2,305	0
Constraint 18	9,490	9,490	9,490	9,490	<=	172,730,900	0
Solution->	164	144	179	206		10,311,550	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III dengan Awal Tanam 11 Oktober (Golongan - B)

Optimasi MT Periode III Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	2.788	2.332	4.589	2.022	4.506	2.374	2.353
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352
Solution->	106.	151.	110.	137.	164.	157.	191.

Optimasi MT Periode III Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	2.353	4.527	2.933	2.146	2.498	2.312	3.160
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352	5.352
Solution->	191.	103.	148.	105.	138.	102.	164.

Optimasi MT Periode III Solution							
	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual	
Maximize	3.160	2.519	2.208	2.995			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	2.788
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	2.332
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	4.589
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	2.022
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	4.506
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	2.374
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	2.353
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	4.527
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	2.933
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	2.146
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	2.498
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	2.312
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	3.160
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	2.519
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	2.208
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	2.995
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2.305	0
Constraint 18	5.352	5.352	5.352	5.352	<=	12.025.220.	0
Solution->	164.	144.	179.	206.		6.590.010.	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I dengan Awal Tanam 21 Oktober (Golongan - C)

Optimasi MT Periode I Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	5,866	5,458	5,050	5,356	5,764	5,336	5,009
Constraint 1	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 7	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 8	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	1	1	1
Constraint 18	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120
Solution->	106	151	110	137	164	157	191

Optimasi MT Periode I Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	5,009	5,887	5,581	4,805	5,356	4,683	5,030
Constraint 1	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 2	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 3	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 4	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 5	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 6	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 7	1	0	0	0	0	0	0
Constraint 8	0	1	0	0	0	0	0
Constraint 9	0	0	1	0	0	0	0
Constraint 10	0	0	0	1	0	0	0
Constraint 11	0	0	0	0	1	0	0
Constraint 12	0	0	0	0	0	1	0
Constraint 13	0	0	0	0	0	0	1
Constraint 14	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 15	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 16	0	0	0	0	0	0	0
Constraint 17	1	1	1	1	1	1	1
Constraint 18	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120	8,120
Solution->	191	103	148	0	138	0	164

	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual
Maximize	5,030	5,336	4,989	5,785		
Constraint 1	0	0	0	0	<=	106
Constraint 2	0	0	0	0	<=	151
Constraint 3	0	0	0	0	<=	110
Constraint 4	0	0	0	0	<=	137
Constraint 5	0	0	0	0	<=	164
Constraint 6	0	0	0	0	<=	157
Constraint 7	0	0	0	0	<=	191
Constraint 8	0	0	0	0	<=	103
Constraint 9	0	0	0	0	<=	148
Constraint 10	0	0	0	0	<=	105
Constraint 11	0	0	0	0	<=	138
Constraint 12	0	0	0	0	<=	102
Constraint 13	1	0	0	0	<=	164
Constraint 14	0	1	0	0	<=	144
Constraint 15	0	0	1	0	<=	179
Constraint 16	0	0	0	1	<=	206
Constraint 17	1	1	1	1	<=	2,305
Constraint 18	8,120	8,120	8,120	8,120	<=	17,003,520
Solution->	164	144	175,0296	206		11,304,710



Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II dengan Awal Tanam 21 Oktober (Golongan - C)

Optimasi MT Periode II Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	4,397	4,438	4,724	4,132	4,561	3,949	3,847
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261
Solution->	106.	151.	110.	45,1429	164.	0.	0.
Optimasi MT Periode II Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	3,847	5,132	4,479	4,193	4,540	4,173	4,663
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	0.	1.	1.
Constraint 18	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261	9,261
Solution->	0.	103.	148.	105.	138.	102.	164.
Optimasi MT Periode II Solution							
	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual	
Maximize	4,663	4,501	4,173	5,479			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	265.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	306.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	592.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	429.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	0.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	1,000.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	347.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	61.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	408.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	41.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	531.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	469.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	41.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	1,347.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.	0.
Constraint 18	9,261	9,261	9,261	9,261	<=	17,273,090.	0.4462
Solution->	164.	144.	179.	206.		8,577,230.	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III dengan Awal Tanam 21 Oktober (Golongan - C)

Optimasi MT Periode III Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	2,788	2,332	4,589	2,022	4,506	2,374	2,353
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.
Solution->	106.	151.	110.	0.	164.	157.	191.
Optimasi MT Periode III Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	2,353	4,527	2,933	2,146	2,498	2,312	3,160
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.
Solution->	191.	103.	148.	0.	138.	102.	164.
Optimasi MT Periode III Solution							
	X13	X14	X15	X16		RHS	Dual
Maximize	3,160.	2,519.	2,208.	2,995.			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	580.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	124.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	2,381.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	2,298.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	166.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	145.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	2,319.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	725.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	290.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	104.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	952.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	311.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	787.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.	0.
Constraint 18	6,440.	6,440.	6,440.	6,440.	<=	12,825,220.	8,3429
Solution->	164.	144.	107.4932	206.		5,929,779.	

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode I dengan Awal Tanam 01 Nopember (Golongan - D)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	5,866.	5,458.	5,050.	5,356.	5,764.	5,336.	5,009.
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.
Solution->	106.	151.	110.	137.	164.	157.	191.

Optimasi MT Periode I Solution						
	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Maximize	5,009.	5,887.	5,581.	4,805.	5,356.	4,683.
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.
Solution->	191.	103.	148.	105.	138.	102.

	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual
Maximize	5,030.	5,336.	4,989.	5,785.		
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2,305.
Constraint 18	7,097.	7,097.	7,097.	7,097.	<=	17,003,520.
Solution->	164.	144.	179.	206.		12,306,710.

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode II dengan Awal Tanam 01 Nopember (Golongan - D)

Optimal M1 Periode II Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	4,397.	4,438.	4,724.	4,132.	4,561.	3,949.	3,847.
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.
Solution->	106.	151.	110.	80.0097	164.	0.	0.
Optimal M1 Periode II Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	3,847.	5,132.	4,479.	4,193.	4,540.	4,173.	4,663.
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	0.	1.	1.
Constraint 18	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.
Solution->	0.	103.	148.	105.	138.	102.	164.
Optimal M1 Periode II Solution							
	X13	X14	X15	X16	RHS	Dual	
Maximize	4,663.	4,601.	4,173.	5,479.			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<= 106.	265.	
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<= 151.	306.	
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<= 110.	592.	
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<= 137.	0.	
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<= 164.	429.	
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<= 157.	0.	
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<= 191.	0.	
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<= 103.	1,000.	
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<= 148.	347.	
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<= 105.	61.	
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<= 138.	408.	
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<= 102.	41.	
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<= 164.	531.	
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<= 144.	469.	
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<= 179.	41.	
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<= 206.	1,347.	
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<= 2,305.	0.	
Constraint 18	9,070.	9,070.	9,070.	9,070.	<= 17,233.090.	0.4556	
Solution->	164.	144.	179.	206.	8,721.300.		

Lampiran 28. Print Out Perencanaan dengan Program Linier

Musim Tanam Periode III dengan Awal Tanam 01 Nopember (Golongan - D)

Optimasi MT Periode III Solution							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Maximize	2.788	2.332	4.589	2.022	4.506	2.374	2.353
Constraint 1	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695
Solution->	106.	35.6947	110.	0.	164.	157.	191.
4							
Optimasi MT Periode III Solution							
	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Maximize	2.353	4.527	2.933	2.146	2.498	2.312	3.160
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 7	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 8	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 9	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Constraint 10	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
Constraint 14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Constraint 18	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695	7.695
Solution->	191.	103.	148.	0.	138.	0.	164.
4							
Optimasi MT Periode III Solution							
	X13	X14	X15	X16		RHS	Dual
Maximize	3.160	2.519	2.208	2.995			
Constraint 1	0.	0.	0.	0.	<=	106.	456.
Constraint 2	0.	0.	0.	0.	<=	151.	0.
Constraint 3	0.	0.	0.	0.	<=	110.	2.257.
Constraint 4	0.	0.	0.	0.	<=	137.	0.
Constraint 5	0.	0.	0.	0.	<=	164.	2.174.
Constraint 6	0.	0.	0.	0.	<=	157.	42.
Constraint 7	0.	0.	0.	0.	<=	191.	21.
Constraint 8	0.	0.	0.	0.	<=	103.	2.195.
Constraint 9	0.	0.	0.	0.	<=	148.	601.
Constraint 10	0.	0.	0.	0.	<=	105.	0.
Constraint 11	0.	0.	0.	0.	<=	138.	166.
Constraint 12	0.	0.	0.	0.	<=	102.	0.
Constraint 13	1.	0.	0.	0.	<=	164.	828.
Constraint 14	0.	1.	0.	0.	<=	144.	187.
Constraint 15	0.	0.	1.	0.	<=	179.	0.
Constraint 16	0.	0.	0.	1.	<=	206.	663.
Constraint 17	1.	1.	1.	1.	<=	2.305.	0.
Constraint 18	7.695	7.695	7.695	7.695	<=	12.825.220.	0.3031
Solution->	164.	144.	0.	206.		5.187.718.	

Lampiran 29. Perhitungan Manfaat Bersih Air Irigasi Sebelum Perencanaan (Kondisi Eksisting)

Kel	Kode Petak Tersier	Luas Baku (ha)	Periode Musim Tanam	Rata-2 Luas Tanam (ha)	Intensitas Tanam (%)	Manfaat Bersih (Rp/ha)	Total Manfaat Bersih Air Irigasi (x1000 Rp)
Kelompok I	PT-01	106	Padi MH	106	229	5,866,250.00	621,822.50
			Padi MK	79		4,397,450.00	347,398.55
			Palawija	58		2,787,800.00	161,692.40
	PT-02	151	Padi MH	151	209	5,458,250.00	824,195.75
			Padi MK	111		4,438,250.00	492,645.75
			Palawija	54		2,332,400.00	125,949.60
	PT-03	110	Padi MH	110	213	5,050,250.00	555,527.50
			Padi MK	91		4,723,850.00	429,870.35
			Palawija	33		4,588,700.00	151,427.10
	PT-04	137	Padi MH	137	226	5,356,250.00	733,806.25
			Padi MK	123		4,132,250.00	508,266.75
			Palawija	50		2,021,900.00	101,095.00
Kelompok II	PT-05	164	Padi MH	164	212	5,764,250.00	945,337.00
			Padi MK	137		4,560,650.00	624,809.05
			Palawija	46		4,505,900.00	207,271.40
	PT-06	157	Padi MH	157	211	5,335,850.00	837,728.45
			Padi MK	140		3,948,650.00	552,811.00
			Palawija	35		2,373,800.00	83,083.00
	PT-07	191	Padi MH	191	204	5,009,450.00	956,804.95
			Padi MK	169		3,846,650.00	650,083.85
			Palawija	30		2,353,100.00	70,593.00
	PT-08	103	Padi MH	103	217	5,886,650.00	606,324.95
			Padi MK	72		5,131,850.00	369,493.20
			Palawija	48		4,526,600.00	217,276.80
Kelompok III	PT-09	148	Padi MH	148	215	5,580,650.00	825,936.20
			Padi MK	124		4,479,050.00	555,402.20
			Palawija	46		2,932,700.00	134,904.20
	PT-10	105	Padi MH	105	230	4,805,450.00	504,572.25
			Padi MK	91		4,193,450.00	381,603.95
			Palawija	45		2,146,100.00	96,574.50
	PT-11	138	Padi MH	138	205	5,356,250.00	739,162.50
			Padi MK	94		4,540,250.00	426,783.50
			Palawija	51		2,498,000.00	127,398.00
	PT-12	102	Padi MH	100	247	4,683,050.00	468,305.00
			Padi MK	76		4,173,050.00	317,151.80
			Palawija	76		2,311,700.00	175,689.20
Kelompok IV	PT-13	164	Padi MH	153	214	5,029,850.00	769,567.05
			Padi MK	106		4,662,650.00	494,240.90
			Palawija	92		3,160,400.00	290,756.80
	PT-14	144	Padi MH	137	220	5,335,850.00	731,011.45
			Padi MK	101		4,601,450.00	464,746.45
			Palawija	79		2,518,700.00	198,977.30
	PT-15	179	Padi MH	165	236	4,989,050.00	823,193.25
			Padi MK	143		4,173,050.00	596,746.15
			Palawija	114		2,208,200.00	251,734.80
	PT-16	206	Padi MH	178	216	5,784,650.00	1,029,667.70
			Padi MK	145		5,478,650.00	794,404.25
			Palawija	121		2,994,800.00	362,370.80
Jumlah		2305					22,736,214.35