



**OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH IRIGASI PRINGDURI
KECAMATAN CURAH DAMI KABUPATEN BONDOWOSO DENGAN
PROGRAM DINAMIK**

SKRIPSI

Oleh

Suliantika Riani

NIM 121910301062

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH IRIGASI PRINGDURI
KECAMATAN CURAH DAMI KABUPATEN BONDOWOSO DENGAN
PROGRAM DINAMIK**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas-tugas dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Suliantika Riani

NIM 121910301062

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Dengan kerendahan hati yang tak terhingga, kuhaturkan rasa syukur kepada Allah
SWT maha diatas segala maha

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tuaku Bapak tercinta Sulipan, S.Pd dan Ibu terkasih Peni Iriani yang telah memberikan kasih sayang, ketulusan, cinta, yang tak pernah kering akan nasehat, dorongan serta do'a yang tidak pernah putus diberikan kepadaku untuk terus menjadi seorang anak yang membahagiakan, menjadi anak yang berguna bagi semua, dan lebih dewasa untuk mengenal arti kehidupan dan pembelajaran hidup dalam menuju langkah kesuksesan.
2. Nenekku tersayang Asturiyah, yang selalu memberi semangat, dukungan dan doa yang tidak pernah putus.
3. Kelima adek-adekku, Yasin Tirtana Aji, Rinda Laksita Devi, Adhita Laxmi Sabilla, Ardhana Wisnu Yudhanto dan Faqih Aditya Rosyad yang selalu memberi semangat dan selalu tanya kapan pulang.
4. Para guru-guruku dari mulai taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu pengetahuan dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
5. Almamaterku tercinta, Fakultas Teknik UNIVERSITAS JEMBER

MOTTO

أَعْظَمُ النَّاسِ هُمَا الْمُؤْمِنُ الَّذِي يَهْمُ بِأَمْرِ دُنْيَاهُ وَ أَمْرِ آخِرَتِهِ

(رواه ابن ماجه)

“Manusia yang paling agung (besar) cita-citanya ialah orangmu’min,
yaitu orang yang bercita-cita terhadap perkara dunianya
dan (juga) perkara akhiratnya”

(H.R. Ibnu Majah)

"Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia,
tetapi hanya kamu sendiri yang menangis; dan pada kematianmu
semua orang menangis sedih, tetapi hanya kamu
sendiri yang tersenyum."

(Mahatma Gandhi)

“Hidup yang berarti adalah serentetan persoalan dan kesulitan yang
harus segera dicari pemecahannya, kesulitan-kesulitan itu
tidak memberikan otak baru pada manusia tetapi
memaksa manusia menggunakan otaknya”

(Dr. Dj.Schwartz)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suliantika Riani

NIM : 121910301062

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Optimasi Pola Tata Tanam Di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,
Yang menyatakan,

Suliantika Riani
NIM 121910301062

SKRIPSI

**OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH IRIGASI PRINGDURI
KECAMATAN CURAH DAMI KABUPATEN BONDOWOSO DENGAN
PROGRAM DINAMIK**

Oleh

Suliantika Riani
NIM 121910301062

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Sri Wahyuni, ST., MT., Phd

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Entin hidayah, M.UM

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Optimasi Pola Tata Tanam Di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 29 Desember 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Sri Wahyuni, S.T., MT., Ph.D
NIP. 19711209 199803 2 001

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng
NIP. 19760111 200012 1 002

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., MT
NIP. 19700613 199802 2 001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

*Optimasi Pola Tata Tanam Di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami
Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik*

Suliantika Riani

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Jember*

ABSTRAK

Daerah irigasi Pringduri yang terletak di Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso mempunyai luasan baku sawah ± 237 Ha. Daerah irigasi Pringduri terdiri dari satu saluran induk dan beberapa bangunan tersier. Pada daerah irigasi Pringduri sering mengalami permasalahan saat musim kemarau, yaitu ketersediaan air untuk irigasi yang kurang dan meningkatnya kebutuhan air. Maka dari itu dilakukan upaya optimasi menggunakan program dinamik untuk mengefisienkan penjatahan air irigasi sehingga diperoleh keuntungan maksimum. Dengan penerapan program dinamik dapat diperoleh kebutuhan air irigasinya, yaitu tahun cukup, padi mh = 3,513 m³/dt, padi mk I = 2,918 m³/dt, palawija/tembakau mk II = 0,434 M³/dt, tahun normal adalah padi mh = 3,457 m³/dt, padi mk I = 3,281 m³/dt, palawija/tembakau mk II = 0,537 M³/dt, tahun rendah adalah padi mh = 4,019 m³/dt, padi mk I = 3,987 m³/dt, palawija/tembakau mk II = 0,669 M³/dt m³, tahun kering adalah padi mh = 4,332 m³/dt, padi mk I = 3,813 m³/dt, palawija/tembakau mk II = 0,805 m³ /dt, sehingga pola tata tanam yang optimal di daerah tersebut adalah padi-padi/palawija-palawija/tembakau, dengan luas lahan optimum, yaitu tahun normal untuk padi 157 ha, tahun rendah untuk padi 106 ha, tahun kering untuk padi 67 ha. Sedangkan untuk keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan pada Daerah Irigasi Pringduri adalah sebesar Rp. 4.271.333.086,49 dengan peningkatan 24,30 % pada tahun normal, Rp. 3.376.225.386,00 dengan peningkatan 11,32 % pada tahun normal, dan Rp. 2.702.302.726,00. dengan peningkatan 6,31 % pada tahun kering.

Kata kunci: optimasi, pola tata tanam, D.I. Pringduri, program dinamik.

Plant Order Pattern Optimization in Pringduri Irrigation Area Curah Dami Sub-district Bondowoso District with Dynamic Program

Suliantika Riani

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Jember*

ABSTRACT

Pringduri irrigation area is located on Curah Dami Sub-district Bondowoso District. Its field standard width was ± 237 Ha. Pringduri irrigation area consisted of one main tunnel and some tertiary building. There were some problems that happened in Pringduri irrigation area on dry season, such as lack of water for irrigation and high need of water. Therefore, it has been done an optimization by using dynamic program to efficient water distribution for irrigation so that it can obtained a maximum profit. By applying dynamic program it can obtained the need of water for irrigation, for enough year there were, grain mh = 3,513 m³/s, grain mk I = 2,918 m³/s, palawija/tobacco mk II = 0,434 m³/s, for normal year there were grain mh = 3,457 m³/s, grain mk I = 3,281 m³/s, palawija/tobacco mk II = 0,537 m³/s, low year there were, grain mh = 4,019 m³/dt, grain mk I = 3,987m³/dt, palawija/tobacco mk II = 0,669 M³/dt m³, dry year there were, grain mh = 4,332 m³/dt, grain mk I = 3,813 m³/dt, palawija/tobacco mk II = 0,805 m³/dt, with the result of optimum plant order pattern in that area was grain/palawija/tobacco, with optimum field width were normal year for grain was 157 ha, low year for grain was 106 ha and dry year for grain was 67 ha. Then, the profit that can be obtained from drained debit in Pringduri irrigation area were Rp. 4.271.333.086,49 with 24,30 % increasing in normal year, Rp. 3.376.225.386,00 with 11,32 % increasing in low year, and Rp. 2.702.302.726,00 with 6,31 % increasing in dry year.

Keywords: Optimization, plant order pattern, Pringduri irrigation area, dynamic program

RINGKASAN

Optimasi Pola Tata Tanam Di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik; Suliantika Riani, 121910301062; 2015: 50 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Daerah irigasi Pringduri yang terletak di Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso mempunyai luasan baku sawah ± 237 Ha. Daerah irigasi Pringduri terdiri dari satu saluran induk dan beberapa bangunan tersier. Ketersediaan air irigasi di daerah tersebut pada musim kemarau sering mengalami kekurangan. Oleh karena itu dilakukan upaya optimasi menggunakan program dinamik untuk mengetahui kebutuhan air untuk masing-masing tanaman, pola tata tanam yang optimum, luas lahan yang bisa ditanami dan keuntungan yang maksimum.

Langkah awal yang dilakukan dalam studi ini adalah menganalisa data curah hujan. Data curah hujan yang berpengaruh pada daerah studi selama 10 tahun. Curah hujan andalan dihitung dengan tingkat keandalan 97% untuk tahun kering, 75% untuk tahun rendah, 51% untuk tahun normal, 26% untuk tahun cukup, dan selanjutnya menghitung curah hujan efektif. Evapotranspirasi potensial dihitung dengan memasukan data klimatologi selama 10 tahun. Dari hasil analisa sebelumnya, dilakukan perhitungan kebutuhan air tanaman pada tiap keandalan. Debit yang tersedia di Bendung Pring dianalisa untuk tiap keandalan menggunakan rumus Weibull. Setelah diperoleh kebutuhan debit irigasi dari perhitungan sebelumnya maka dilanjutkan perhitungan neraca air. Dari perhitungan neraca air didapatkan bahwa kekurangan air irigasi terjadi pada MK I

pada tahun normal, sedang dan kering. Untuk selanjutnya optimasi dilakukan pada periode tersebut.

Perhitungan volume air yang tersedia berdasarkan besarnya debit yang tersedia pada saat MK I dengan interval yang dipilih sebesar $0,002 \text{ m}^3/\text{det}$. Berdasarkan hasil perhitungan volume air yang dibutuhkan dan volume air yang tersedia dihitung luas lahan yang dapat ditanami dari debit yang dialokasikan. Biaya produksi dihitung berdasarkan keuntungan penjualan padi/palawija dikurangi biaya proses produksi. Dengan diketahui luas lahan yang dapat ditanami dan besarnya biaya produksi per hektar, maka dapat dihitung besarnya keuntungan dari debit yang dialirkan yang selanjutnya diperlukan dalam perhitungan program dinamik. Perhitungan program dinamik dalam studi ini menggunakan metode perhitungan dari depan.

Dengan penerapan program dinamik dapat diperoleh kebutuhan air irigasinya, yaitu tahun cukup, padi mh = $3,513 \text{ m}^3/\text{dt}$, padi mk I = $2,918 \text{ m}^3/\text{dt}$, palawija/tembakau mk II = $0,434 \text{ M}^3/\text{dt}$, tahun normal adalah padi mh = $3,457 \text{ m}^3/\text{dt}$, padi mk I = $3,281 \text{ m}^3/\text{dt}$, palawija/tembakau mk II = $0,537 \text{ M}^3/\text{dt}$, tahun rendah adalah padi mh = $4,019 \text{ m}^3/\text{dt}$, padi mk I = $3,987 \text{ m}^3/\text{dt}$, palawija/tembakau mk II = $0,669 \text{ M}^3/\text{dt}$, tahun kering adalah padi mh = $4,332 \text{ m}^3/\text{dt}$, padi mk I = $3,813 \text{ m}^3/\text{dt}$, palawija/tembakau mk II = $0,805 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga pola tata tanam yang optimal di daerah tersebut adalah padi-padi/palawija-palawija/tembakau, dengan luas lahan optimum, yaitu tahun normal untuk padi 157 ha, tahun rendah untuk padi 106 ha, tahun kering untuk padi 67 ha. Sedangkan untuk keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan pada Daerah Irigasi Pringduri adalah sebesar Rp. 4.271.333.086,49 dengan peningkatan 24,30 % pada tahun normal, Rp. 3.376.225.386,00 dengan peningkatan 11,32 % pada tahun normal, dan Rp. 2.702.302.726,00. dengan peningkatan 6,31 % pada tahun kering.

PRAKATA

Alhamdulillah, dengan segala kerendahan hati, penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan kesempatan berproses sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Optimasi Pola Tata Tanam Di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik”*** . Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar Sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Sri Wahyuni, ST., MT., Phd. selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk senang tiasa memberikan arahan dan dukungan untuk menyusun tugas akhir yang baik dan tulus ikhlas;
2. Dr. Ir. Entin hidayah, M.UM selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia memberikan saran dan kritik yang membangun kepada penulis demi terselesaikannya tugas akhir ini;
3. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Dr. Ir. Entin hidayah, M.UM selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen beserta staf karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Teristimewa ayahanda Sulipan dan ibunda Peni Iriani, rasa hormat dan terimakasih tiada batas ananda ucapkan atas kesabaran, pengorbanan, motivasi, kasih sayang, nasihat serta do'a yang tiada putus bagi ananda, demi terselesaikannya tugas akhir ini.

7. Saudara-saudara tercinta (**Aji, Devi, Dhita, Ardhan, dan Faqih**):, yang yang selalu mendoakan dan mendukungku. (**Mbah Uti**): nenekku, yang selalu tercurahkan do'a dan dukungannya. Keluarga besarku, yang tidak pernah putus do'a, dukungan serta kasih sayangnnya.
8. Keluarga besar PPM SYAFI'UR ROHMAN: sahabat astra/astri: Adin, Mitha, Henggar, Nita, Desi, Fiqi, Efi. Mbak-mbakku : Mbak Apit, Mbak Ndut, Mbak Linda, Mbak Nelly, Mbak Diah Ana. Adik-adiku : Annisa Rusdiana, Dyan, Dewi, Santi serta teman-teman seperjuangan: Inung, Tiara, Faris, Ardan, Aan, Bagus, Sabil, Irfan, Royan dan seluruh siswa/siswi astar-astri yang selalu tercurahkan do'a dan dukungannya. Semoga perjuangan kita berakhir pada satu titik yang kita cita-citakan
9. Tertulis ucap terimakasih untuk sahabat terindah Christin Aisyah, Irma Cemot, Arum aurum, Faisol Icol, Argawi atas keceriaan, kerjasama, do'a dan dukungannya; teman-teman hidro: Rosa, Aan, Ajis, Hendra, Iwan beserta teman-teman Sipil 2012 terimakasih untuk kebersamaan dan kerjasama studinya;
10. Serta semua pihak yang tidak dapat saya tulis dan sebutkan satu per satu yang telah memberikan andil dan turut membantu dalam menyelesaikan skripsi

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah Anda berikan. Penulis juga menerima saran dan kritik demi penyempurnaan skripsi ini dan semoga dapat memberikan manfaat pada kita semua.

Jember,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRACT	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
SUMARRY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Analisa Hidrologi	4
2.1.1 Curah Hujan	4
a. Analisa Curah Hujan	4
b. Analisis Curah Hujan Andalan	4
c. Curah Hujan Efektif	5
d. Curah Hujan Efektif Untuk Padi	6
e. Curah Hujan Efektif Untuk Palawija/Tebu.....	6

2.1.2	Debit Andalan.....	7
2.2	Analisa Klimatologi	9
2.2.1	Temperatur (T)	9
2.2.2	Kelembaban Relatif (RH)	9
2.2.3	Kecepatan Angin (U)	9
2.2.4	Radiasi Matahari (n/N)	10
2.2.5	Evapotranspirasi (Eto)	10
2.3	Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi	12
2.3.1	Pola Tata Tanam	12
2.3.2	Koefisien Tanaman	12
2.3.3	Perkolasi	13
2.3.4	Kebutuhan Penyiapan Lahan	14
2.3.5	Penggantian Lapisan Air	14
2.4	Optimasi	15
2.5	Program Dinamik	16
2.5.1	Konsep Dasar Program Dinamik	17
2.5.2	Elemen-Elemen Model Program Dinamik	17
2.5.3	Prosedur Perhitungan	19
BAB 3.	METODE PENELITIAN	20
3.1	Daerah Studi	20
3.2	Studi Kepustakaan	20
3.3	Pekerjaan Persiapan	20
3.4	Pengumpulan Data	21
3.5	Langkah-langkah Pengolahan Data	22
3.6	Tahapan Perhitungan Program Dinamik	23
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Ketersediaan Air Untuk Pola Tanam	27
4.1.1	Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif	27
4.1.2	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	29
4.2	Kebutuhan Air Tanaman	31
4.2.1	Koefisien Tanaman	31

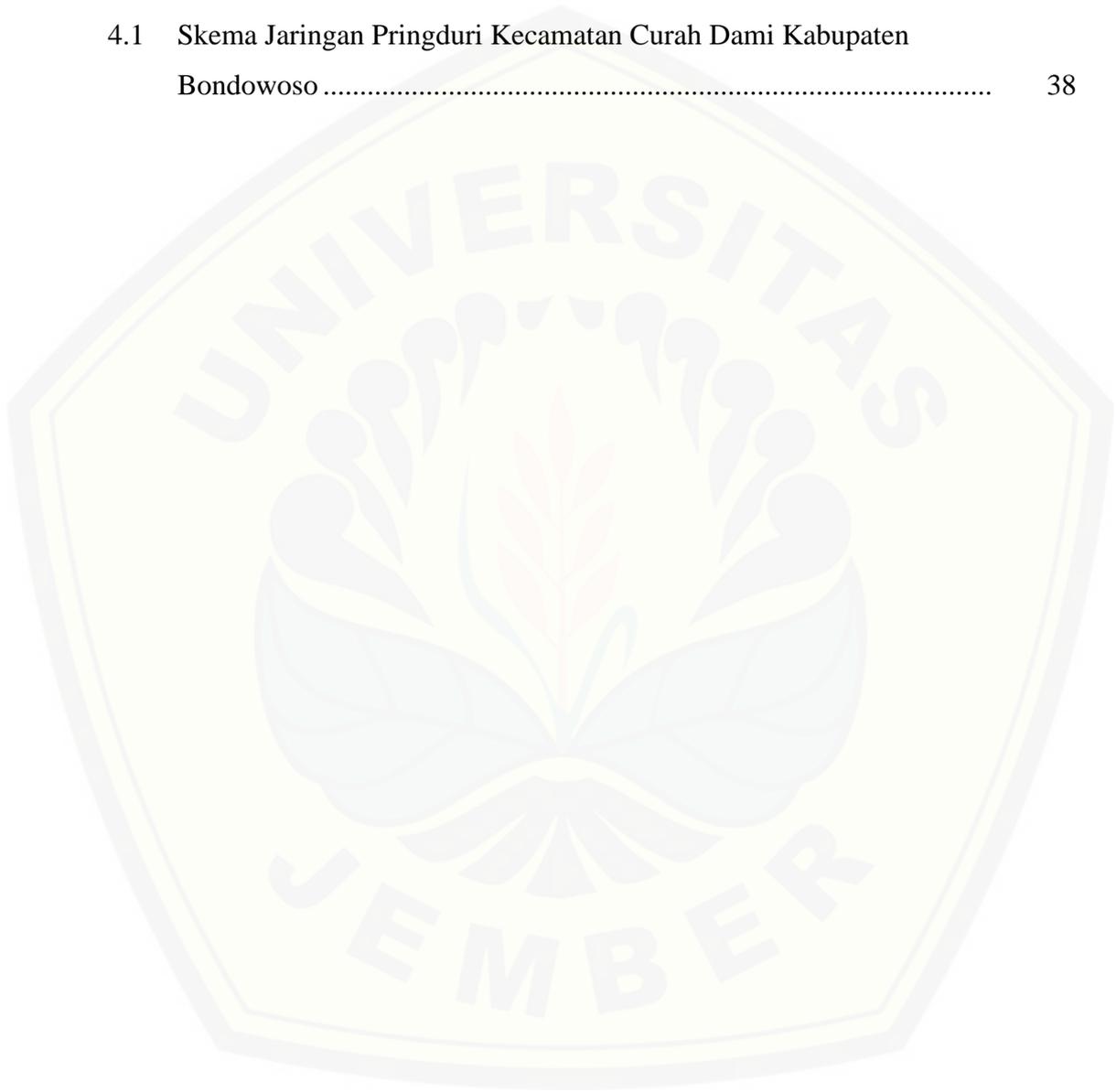
4.2.2	Perkolasi	31
4.2.3	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan	32
4.2.4	Penggantian Lapisan Air	33
4.2.5	Kebutuhan Air Bersih di Sawah	33
4.2.6	Efisiensi Irigasi	34
4.2.7	Kebutuhan Air Irigasi	34
4.3	Debit yang Tersedia di Bendung Pringduri	34
4.4	Neraca Air	35
4.4.1	Volume Air Irigasi	35
a.	Volume Air yang Dibutuhkan	36
b.	Volume Air yang Tersedia	36
c.	Luas Lahan yang Ditanami	37
4.5	Analisa Optimasi	37
4.5.1	Analisa Manfaat	37
4.5.2	Keuntungan Sebagai Fungsi Debit	38
4.5.3	Optimasi dengan Program Dinamik	39
4.5.4	Optimasi Alokasi Air	40
4.5.5	Hasil Optimasi	43
BAB 5. PENUTUP		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Hubungan Pola Tata Tanam Dengan Ketersediaan Air Irigasi	12
2.2 Koefisien Tanaman.....	13
2.3 Laju Perkolasi Untuk Berbagai Tekstur Tanah	13
4.1 Perhitungan Curah Hujan Andalan.....	28
4.2 Koefisien Tanaman.....	31
4.3 Perhitungan Probabilitas Debit Andalan dengan Rumus Weibull	35
4.4 Manfaat Bersih Tanaman Per Hektar	38
4.5 Debit yang digunakan Tiap Bangunan Sadap DI Pringduri.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema Elemen-Elemen Program Dinamik	19
3.1 Daerah Studi Penelitian	20
4.1 Skema Jaringan Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso	38



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perhitungan Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif	51
B. Perhitungan Evapotranspirasi Bulanan.....	52
C. Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan	53
D. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi DI Pringduri Tahun Cukup.....	54
E. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi DI Pringduri Tahun Normal	55
F. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi DI Pringduri Tahun Rendah	56
G. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi DI Pringduri Tahun Kering	57
H. Data Debit Intake Bendung Pringduri 2005-1014	58
H.1 Perhitungan Debit Andalan di Intake Bendung Pringduri Tahun Cukup	59
H.2 Perhitungan Debit Andalan di Intake Bendung Pringduri Tahun Normal	60
H.3 Perhitungan Debit Andalan di Intake Bendung Pringduri Tahun Rendah	61
H.4 Perhitungan Debit Andalan di Intake Bendung Pringduri Tahun Kering.....	62
I. Neraca Air pada Daerah Irigasi Pringduri Tahun Cukup	63
J. Neraca Air pada Daerah Irigasi Pringduri Tahun Normal.....	64
K. Neraca Air pada Daerah Irigasi Pringduri Tahun Rendah.....	65
L. Neraca Air pada Daerah Irigasi Pringduri Tahun Kering.....	66
M. Volume Air yang Dibutuhkan Tiap Bangunan.....	67
N. Volume Air Tersedia dari Tiap Perubahan Debit.....	68
O. Luas Lahan yang Bisa Ditanami pada Bangunan Sadap	69
O.1 Luas Lahan yang Bisa Ditanami pada Bangunan Sadap Tahun Normal	69
O.2 Luas Lahan yang Bisa Ditanami pada Bangunan Sadap Tahun Kering.....	73
O.3 Luas Lahan yang Bisa Ditanami pada Bangunan Sadap Tahun Rendah	78

P.	Luas Lahan yang Bisa Ditanami Sebagai Fungsi Debit	79
P.1	Luas Lahan yang Bisa Ditanami Sebagai Fungsi Debit Tahun Normal	79
P.2	Luas Lahan yang Bisa Ditanami Sebagai Fungsi Debit Tahun Rendah	81
P.3	Luas Lahan yang Bisa Ditanami Sebagai Fungsi Debit Tahun Kering.....	83
Q.	Keuntungan Sebagai Fungsi Debit	84
Q.1	Keuntungan Sebagai Fungsi Debit Tahun Normal	84
Q.2	Keuntungan Sebagai Fungsi Debit Tahun Rendah	86
Q.3	Keuntungan Sebagai Fungsi Debit Tahun Kering.....	88
R.	Tahap Alokasi Debit Air	90
R.1	Tahap Alokasi Debit Air Tahun Normal.....	90
R.2	Tahap Alokasi Debit Air Tahun Rendah.....	92
R.3	Tahap Alokasi Debit Air Tahun Kering	94
S.	Hasil Keputusan Optimal dari Program Dinamik.....	95
S.1	Hasil Keputusan Optimal dari Program Dinamik Tahun Normal.	95
S.2	Hasil Keputusan Optimal dari Program Dinamik Tahun Rendah.	96
S.3	Hasil Keputusan Optimal dari Program Dinamik Tahun Kering..	97
T.	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	98
T.1	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Normal...	99
T.2	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Rendah...	100
T.3	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Kering....	101
U.	Perbandingan Luas, Debit, Intensitas, dan Keuntungan MK I Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	102
U.1	Perbandingan Luas, Debit, Intensitas, dan Keuntungan MK I Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Normal.....	103
U.2	Perbandingan Luas, Debit, Intensitas, dan Keuntungan MK I Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Rendah.....	104
U.3	Perbandingan Luas, Debit, Intensitas, dan Keuntungan MK I Sebelum dan Sesudah Optimasi Tahun Kering.....	105

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air adalah salah satu faktor pertumbuhan bagi tanaman, dengan menentukan banyaknya kebutuhan air untuk tanaman dapat meningkatkan produksi pangan. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan air antara lain: cara pemberian air, banyaknya hujan yang turun, waktu penanaman, pengolahan tanah, pengaturan pola tanam, dan cara pengelolaan serta pemeliharaan saluran dan bangunan yang ada. Penyediaan air di lahan harus seimbang dengan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman, namun pada kenyataannya jumlah ketersediaan air dan kebutuhan air mengalami perubahan setiap periodenya. Ada kalanya terjadi kelebihan ketersediaan air dan ada kalanya kebutuhan air untuk tanaman meningkat.

Daerah irigasi Pringduri yang terletak di Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso mempunyai luasan baku sawah ± 237 Ha. Daerah irigasi Pringduri terdiri dari satu saluran induk dan beberapa bangunan tersier. Besarnya debit yang dialirkan harus diperhitungkan dengan cermat, yaitu untuk mendapatkan manfaat yang sebesar-besarnya. Pada daerah irigasi Pringduri sering mengalami permasalahan saat musim kemarau, yaitu ketersediaan air untuk irigasi yang kurang dan meningkatnya kebutuhan air. Salah satu metode yang dapat digunakan di daerah tersebut adalah dengan program dinamik.

Beberapa penelitian sebelumnya juga menggunakan program dinamik dalam penyelesaiannya, seperti penelitian Putra (2014) dengan judul “Studi Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Gembleng Kanan Dengan Program Dinamik” dan penelitian Heriawan (2013) dengan judul “Optimasi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Dinamik”, dengan menggunakan program dinamik pengambilan keputusan yang *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu sub masalah yang berurutan dan saling berhubungan yang memungkinkan untuk mendapatkan

hasil yang lebih optimal. Hal ini sangat sesuai dengan sistem jaringan irigasi dimana terdapat beberapa bangunan bagi yang berurutan dan saling tergantung antara satu bangunan bagi dengan bangunan bagi yang lain sepanjang saluran pada jaringan irigasi, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pola tata tanam dengan metode program dinamik, yang ditulis dalam sebuah skripsi dengan judul *“Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso dengan program dinamik”*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah kurangnya kebutuhan air untuk irigasi pada saat musim kemarau. Oleh karena itu, permasalahan utama yang muncul adalah:

- a. berapa besar kebutuhan air irigasi untuk masing masing jenis tanaman yang direncanakan?
- b. bagaimana pola tata tanam optimum untuk daerah irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso?
- c. berapa luas tanam optimum dan besarnya keuntungan maksimum (Rp) dari hasil produksi pola tata tanam menggunakan program dinamik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. mengetahui besarnya kebutuhan air irigasi untuk masing masing jenis tanaman yang direncanakan.
- b. menentukan pola tanam yang optimal untuk daerah irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso.
- c. memperoleh keuntungan yang maksimum dari hasil optimasi dengan program dinamik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah:

- a. memberikan gambaran pembagian air untuk masing masing jenis tanaman pada masing masing periode dengan penerapan program dinamik.
- b. mengetahui pola tanam yang optimal untuk daerah irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso.
- c. mengetahui luas lahan optimal dan meningkatkan hasil produksi pertanian, sehingga menambah kesejahteraan masyarakat di daerah irigasi irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso.

1.5 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini membatasi permasalahan pada:

- a. area yang dioptimasi adalah area daerah irigasi Pringduri dengan luas ± 237 Ha.
- b. debit yang dipakai mulai tahun 2005 – 2014
- c. awal penanaman untuk tiap jenis tanaman sesuai dengan Jadwal Rencana Tata Tanam Global (RTTG) di Daerah Irigasi
- d. keuntungan dihitung dalam periode musim tanam.
- e. tidak membahas detail sistim pemberian air irigasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

2.1.1 Curah Hujan

a. Analisa Curah Hujan

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976):

- 1) Daerah dengan luas 250 Ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
- 2) Daerah dengan luas 250 Ha sampai 50.000 Ha dengan dua atau tiga titik pengamat hujan dapat digunakan cara rerata aljabar.
- 3) Daerah dengan luas 120.000 Ha sampai 500.000 Ha yang mempunyai titik pengamat yang tersebar cukup merata dan dimana data curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
- 4) Daerah dengan luas lebih besar dari 500.000 Ha dapat digunakan cara Isohiet.

b. Analisis Curah Hujan Andalan

Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_x = \frac{n}{\left(\frac{100}{100-X}\right)} + 1$$

dengan :

R_x = curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)

n = periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

X = tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
- 2) Dengan persamaan diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
- 3) Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 204):

- 1) Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $355/365 = 97,26\% = 97\%$
- 2) Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $275/365 = 75,34\% = 75\%$
- 3) Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $185/365 = 50,68\% = 51\%$
- 4) Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

c. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Untuk mendapatkan curah hujan efektif, digunakan metode *basic year*, dimana menentukan suatu tahun tertentu sebagai tahun dasar perencanaan. Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$RX = \frac{n}{100 - X} + 1$$

dimana:

- RX : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)
n : periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)
X : tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 4) Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
- 5) Dengan persamaan diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
- 6) Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 204):

- 5) Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $355/365 = 97,26\% = 97\%$
- 6) Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $275/365 = 75,34\% = 75\%$
- 7) Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $185/365 = 50,68\% = 51\%$
- 8) Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

d. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan andalan. Sedangkan besarnya curah hujan andalan didapat dengan menggunakan metode *basic year*. Curah hujan efektif diperoleh dari per periode waktu pengamatan sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (Anonim/KP Penunjang, 1986):

$$Re_{\text{padi}} = 0,7 \times (R_x)$$

dimana:

Re padi : curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)

RX : tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan tertentu (mm)

e. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija

Curah hujan efektif untuk tanaman palawija dan tanaman tebu ditentukan berdasarkan evapotranspirasi yang terjadi, hujan serta ketersediaan air tanah yang siap untuk diserap (pendekatan kedalaman perakaran) dengan persamaan sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986):

$$Re\ plw = FD(1,25 \times R^{-0,824} - 2,93) \times (10^{0,0095 \times Eto})$$

$$FD = 0,53 + (0,0116 \times D) - (8,94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2,32 \times 10^{-7} \times D^3)$$

dimana:

Re plw/tebu : curah hujan efektif untuk palawija/tebu (mm/hr)

FD : faktor kedalaman air tanah yang bisa dimanfaatkan oleh tanaman palawija/tebu (mm)

D : kedalaman perakaran tanaman yang siap pakai (mm)

2.1.2 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukan faktor koreksi besaran 80% - 90% untuk debit andalan. Faktor koreksi tersebut tergantung pada kondisi perubahan DAS (SPI KP – 01, 1986: 82).

Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan debit andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 204):

1. Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $355/365 = 97,26\% = 97\%$
2. Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $275/365 = 75,34\% = 75\%$
3. Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $185/365 = 50,68\% = 51\%$
4. Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

Ada beberapa cara dalam menentukan debit andalan, salah satunya metode tahun dasar (*basic year*). Metode ini menentukan suatu tahun tertentu sebagai dasar perencanaan. Perhitungan debit andalan dengan metode ini yaitu mengambil suatu pola debit dari tahun tertentu. Peluang kejadiannya dihitung dengan persamaan Weibull (Subarkah, 1980)

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

dimana :

- P : probabilitas (%)
m : nomor urut data debit
n : banyaknya data debit

Tahun dasar yang digunakan adalah tahun yang data debitnya mempunyai keandalan 80 % (Q_{80}), artinya resiko yang kan dihadapi yaitu adanya debit-debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% banyaknya pengamatan (Soemarto, 1986: 214)

Menurut Putra (2014) prosedur perhitungan debit andalan andalan sebagai berikut:

- a. Menghitung total debit dalam satu tahun untuk tiap tahun data yang diketahui.
- b. Merangking data mulai dari yang besar hingga kecil.
- c. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan menggunakan persamaan Weibull

2.2 Analisa Klimatologi

Hidrologi suatu wilayah bergantung pada iklim, topografi dan geologinya. Faktor iklim yang penting adalah suhu (temperatur), kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi langsung evaporasi dan transpirasi (Wilson, 1993:6)

2.2.1 Temperatur (T)

Energi sangat diperlukan agar evapotranspirasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup maka proses evapotranspirasi berjalan dengan cepat, begitu juga sebaliknya (Soemarto,1995:8). Kemampuan udara untuk menyerap uap air meningkat dengan naiknya suhu, maka suhu udara mempunyai dua pengaruh terhadap besarnya penguapan yang terjadi, sedangkan suhu tanah dan air hanya memiliki pengaruh tunggal (Wilson, 1993:44)

2.2.2 Kelembaban Relatif (RH)

Salah satu faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif ini naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasi menurun (Soemarto, 1995:18).

Penggantian lapisan per batas udara jenuh oleh udara dengan kelembaban yang sama tidak dapat mempertahankan laju penguapan itu, hal ini hanya akan terjadi jika udara yang masuk itu lebih sering daripada yang dipindahkan (Wilson, 1993: 44).

2.2.3 Kecepatan Angin (U)

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Penggantian itu hanya terjadi dengan adanya angin yang menggeser komponen uap air

tersebut. Jadi, kecepatan angin memegang peranan yang penting dalam proses evaporasi (Soemarto, 1995: 18)

2.2.4 Radiasi Matahari (n/N)

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan terus hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga pada malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas laten untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyinaran matahari langsung. Awan merupakan penghalang radiasi matahari dan menghambat proses evaporasi (Soemarto, 1995: 18)

2.2.5 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah air dalam tanah yang naik ke udara melalui tumbuhan-tumbuhan. Transpirasi dan evaporasi dari permukaan bersama-sama disebut evapotranspirasi atau kebutuhan air (*consumptive-use*) (Sosrodarsono, S. 1987). Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus-rumus teoritis-empiris dengan mempertimbangkan faktor meteorologi seperti sinar matahari (atau radiasi), angin, kelembaban relatif dan suhu (temperatur). Evapotranspirasi tanaman merupakan kebutuhan air tanaman yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, yang merupakan hasil kali dengan koefisien tanaman, berikut adalah rumus dari evapotranspirasi tanaman:

$$ET_c = k_c \times E_t$$

dimana :

ET_c : Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

k_c : Koefisien tanaman yang tergantung dari jenis tanaman dan periode pertumbuhan tanaman

E_t : Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

Berdasarkan SPI KP – 01 (1986, 78) dengan data-data iklim tersebut dapat menggunakan metode Penman untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi tanaman acuan (E_{To}), dengan rumus:

$$E_{To} = c \cdot E_{To}^*$$

$$E_{To}^* = W \cdot (0,75 \cdot R_s - R_{n1}) + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)$$

dimana :

c : Angka koreksi Penman

W : Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah

R_s : radiasi gelombang pendek (mm/hr)

$$: (0,25 + 0,54 \cdot n/N) \cdot R_a$$

R_a : radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (angka angot), tergantung letak lintang daerah (mm/hr)

N : lama kecerahan matahari yang nyata (tidak terhalang awan) dalam 1 hari (jam)

R_{n1} : radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr)

$$: f(t) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N)$$

$f(t)$: fungsi suhu

$f(e_d)$: fungsi tekanan uap

$$: 0,34 - 0,44 \sqrt{e_d}$$

$f(n/N)$: fungsi kecerahan

$$: 0,1 + 0,9 \cdot n/N$$

$f(u)$: fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (m/dt)

$$: 0,27 (1 + 0,864 \cdot u)$$

$(e_a - e_d)$: perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

e_d : tekanan uap jenuh

$$: e_a \cdot RH'$$

E_a : tekanan uap sebenarnya

RH : kelembaban udara relatif (%)

2.3 Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi

2.3.1 Pola Tata Tanam

Pola tata tanam adalah jadwal rencana mengenai tanaman yang akan ditanam pada waktu tertentu, penetapan pola tata tanam yang baik diperlukan untuk peningkatan produksi pertanian. Pola tata tanam yang ada di suatu daerah berbeda dengan daerah yang lain, hal ini karena karakteristik setiap daerah berbeda. Dua hal pokok yang menjadi dasar diperlukannya pola tata tanam yaitu:

- a. Pada musim kemarau persediaan air terbatas.
- b. Pemanfaatan air yang terbatas dengan sebaik-baiknya agar setiap petak mendapatkan sejumlah air yang dibutuhkan.

Tujuan dari penerapan pola tata tanam adalah sebagai berikut:

- 1) Peningkatan produksi pangan.
- 2) Menetapkan jadwal tanam agar memudahkan pengelolaan air irigasi.
- 3) Menghindari ketidakseragaman tanaman.
- 4) Mengetahui kebutuhan air tanaman.

Untuk memnuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tata tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Pada tabel 2.1, ditentukan jenis dan jumlah air yang tersedia yang dihubungkan dengan pola tata tanam.

Tabel 2.1 Hubungan pola tata tanam dengan ketersediaan air untuk irigasi

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam untuk satu tahun
Tersedia air cukup banyak	Padi – padi – palawija
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – palawija – palawija
Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – palawija – bera

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.3.2 Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman dibutuhkan untuk perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o) yang dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus pada daerah studi (SPI KP – 01, 1986).

Tabel 2.2 Koefisien tanaman

Padi (Varietas Unggul)		Palawija (Jagung)	
Umur (hari)	k	Umur (hari)	k
10	1.1	10	0.5
20	1.1	20	0.65
30	1.1	30	0.75
40	1.05	40	1.00
50	1.05	50	1.00
60	1.05	60	1.00
70	0.95	70	0.82
80	0.95	80	0.72
90	0	90	0.45

Sumber: SPI KP-01, 1986

2.3.3 Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah zone tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soermarto, 1986: 80).

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1 sampai 3 mm/hr (SPI KP – 01, 1986).

Tabel 2.3 Laju perkolasi untuk berbagai tekstur tanah

No.	Tekstur Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1	lempung berpasir	3 - 6
2	lempung	2 - 3

3	liat lempung	1 - 2
---	--------------	-------

Sumber : Wirosoedarmo , 1985: 94

2.3.4 Kebutuhan Penyiapan Lahan

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

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak kebutuhan air untuk penyipaan lahan diambil sebesar 200 mm, ini termasuk air untuk penjenuhan dan pengolahan lahan. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa di sawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan, ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai. Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk pengolahan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi (Anonim, 1987).

2.3.5 Penggantian Lapisan Air (WLR)

Pergantian lapisan air dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air yang terputus akibat kegiatan di sawah dengan ketentuan sebagai berikut (Dirjen Pengairan, 1986):

- a. WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan, yaitu 1-2 bulan dari transplanting.
- b. WLR = 50 mm (diperlukan penggantian lapisan air, diasumsikan 50 mm).
- c. jangka waktu WLR = 1,5 bulan (selama 1,5 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm).

2.4 Optimasi

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup di bumi ini. Sejalan dengan meningkatnya keadaan sosial ekonomi masyarakat, maka kebutuhan air semakin beragam jenisnya, jumlahnya juga semakin meningkat, disamping tuntutan ketersedianya pada waktu dan tempat yang berbeda – beda pula. Oleh karena itu perlu adanya penjatahan air supaya tujuan tersebut dapat dicapai, maka perlu dibuat suatu model sehingga dapat dilakukan analisa optimasi.

Dalam hal yang dimaksud dengan model optimasi adalah penyusunan model suatu sistem yang sesuai dengan keadaan nyata, yang nantinya dapat diubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen – elemen pokok agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan sasaran atau tujuan pengambilan keputusan dapat dicapai.

Optimasi penggunaan air irigasi dimaksudkan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapat manfaat yang sebesar – besarnya. Manfaat disini yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkan dengan adanya air irigasi tersebut. Mengatur debit air, dimaksudkan sebagai membagi debit air yang tersedia untuk dibagikan kepada masing masing daerah yang memerlukan pengairan. Yang dimaksud dalam teknik optimasi berkendala antara lain:

a. *Langrange Multipliers* (Pendarap Langrange)

Langrange Multipliers (Pendarap Langrange) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan kendala linier

b. *Linier Programming* (Programasi Linier)

Linier Programming (Programasi Linier) adalah model matematis perumusan masalah umum dalam pengalokasian sumber daya untuk berbagai kegiatan.

c. *Quadratic Programming* (Program Kuadratik)

Quadratic Programming (Program Kuadrat) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan program matematis dengan fungsi linier dan fungsi tujuan non linier

d. *Geometric Programming* (Program Geometrik)

Geometric Programming (Program Geometrik) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan persamaan geometri.

e. *Dynamic Programming* (Program Dinamik)

Dynamic Programming (Program Dinamik) adalah suatu kumpulan teknik-teknik program matematis yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang terdiri dari banyak tahap (*multistage*) (Cory, 2010).

2.5 Program Dinamik

Program dinamik (*dynamic programming*) adalah suatu kumpulan teknik-teknik programisasi matematis yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang terdiri dari banyak tahap (*multistage*). Suatu masalah pengambilan keputusan yang *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu seri masalah (atau submasalah) yang berurutan dan saling berhubungan. Programisasi dinamik dikembangkan pertama kali oleh Richard E. Bellman pada tahun 1957 (Subagyo, 1984: 163).

Tujuan utama model ini adalah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Ide dasar program dinamik ini adalah membagi persoalan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan penyelesaiannya. Akan tetapi, berbeda dengan program linier, pada persoalan program dinamik ini tidak ada formulasi matematis yang standar. Karena itu, persamaan-persamaan yang terpilih untuk digunakan harus dikembangkan agar dapat memenuhi masing-masing situasi yang dihadapi. Dengan demikian, maka antara persoalan yang satu dengan persoalan lainnya dapat mempunyai struktur penyelesaian persoalan yang berbeda (Dimiyati, 1992: 279)

2.5.1 Konsep Dasar Program Dinamik

Program dinamik yang digunakan dalam studi ini adalah program dinamik stokastik. Program dinamik stokastik merupakan program dinamik dengan suatu distribusi probabilitas untuk ketetapan dalam tahap-tahap keputusan yang berurutan (Subagyo, 1984: 181). Program dinamik stokastik menangani situasi dimana sebagian atau semua parameterparameter dari problem dinyatakan dalam bentuk variabel-variabel acak. Situasi demikian kelihatannya memang merupakan realitas dimana-mana, termasuk juga di dalam sistem keairan (*hydrosystem*), dimana adalah sulit untuk menentukan nilai-nilai dari parameterparameter secara eksak. Cara analisan sensitivitas memang dapat digunakan untuk mempelajari efek dari perubahan - perubahan nilai-nilai dari parameter-parameter problem pada solusi optimal (Montarcih, 2009: 41). Analisa pada studi ini memakai program dinamik karena beberapa alasan sebagai berikut:

- a. pada persoalan program dinamik ini tidak ada formulasi matematis yang standar sehingga persamaan-persamaan yang terpilih untuk digunakan disesuaikan dengan masing-masing situasi yang dihadapi.
- b. optimasi yang dilakukan adalah pada setiap bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap dimana di setiap bangunan itu lahannya ditanami tanaman yang tidak sejenis sehingga variabelnya bersifat acak.

2.5.2 Elemen-Element Model Program Dinamik

Elemen-elemen model program dinamik adalah sebagai berikut (Montarcih, 2009:49).

a. Tahap/*Stage* (n)

Merupakan bagian dari problem dimana keputusan (decision) diambil. Jika suatu problem dapat dipecah menjadi N subproblem, maka ada N tahap dalam formulasi DP tersebut. Tahapan pada *multistage problem* yang dimaksudkan dalam studi ini adalah tahapan tempat yaitu antara bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap yang satu dengan yang lain pada daerah irigasi Pringduri.

b. Variabel Keputusan/*Decision Variable* (d_n)

Merupakan besaran dari keputusan (decision) yang diambil pada setiap tahap. Variabel keputusan dalam studi ini adalah besarnya debit yang dialokasikan pada tiap bangunan irigasi serta keuntungan bersih yang diperoleh. Keputusan yang diambil pada setiap tahap akan ditransformasikan dari keputusan yang bersangkutan ke keputusan berikutnya, sehingga didapat optimum secara keseluruhan.

c. Variabel Status/*State Variable* (S_n)

Merupakan variabel yang mewakili/menjelaskan status (*state*) dari sistem yang berhubungan dengan tahap ke- n . Fungsi dari variabel status adalah untuk menghubungkan tahap-tahap secara berurutan sedemikian sehingga, apabila setiap tahap dioptimasi secara terpisah, maka keputusan yang dihasilkan adalah layak (*feasible*) untuk seluruh problem. Lebih lanjut, keputusan-keputusan optimal dapat diambil untuk tahap tersisa tanpa harus melakukan cek pada akibat dari keputusan berikutnya terhadap keputusan yang telah diambil terdahulu. Untuk tahap ke- n , variabel status di belakangnya (S_n) disebut sebagai variabel status input, sedangkan variabel status di depannya (S_{n+1}) disebut sebagai variabel status output. Akibat Tahap/*Stage Return* (r_n) merupakan ukuran skalar dari hasil keputusan yang diambil pada setiap tahap.

d. Akibat tahap (*stage return*)

Merupakan fungsi dari variabel-variabel S_n (status input), S_{n+1} (*state output*), dan d_n (keputusan), sehingga dapat dinyatakan sebagai fungsi berikut.

$$r_n = r(S_n, S_{n+1}, d_n)$$

Akibat tahap dalam studi ini merupakan keuntungan sebagai fungsi debit pada suatu kondisi debit tertentu.

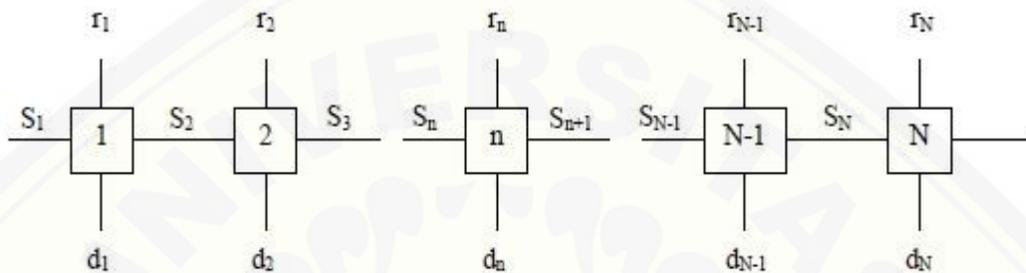
e. Transformasi Tahap/*Stage*

Transformation atau Transisi Status/*State Transition* (t_n) merupakan suatu transformasi nilai tunggal yang menyatakan hubungan antara variabel-variabel S_n (status input), S_{n+1} (status output), dan d_n (keputusan), yang dinyatakan sebagai persamaan berikut:

$$S_{n+1} = t_n(S_n, d_n)$$

f. *Stage Transformation*

Stage Transformation adalah perubahan air tersedia sampai air yang terdistribusikan pada tiap bangunan irigasi Pringduri. Berikut adalah skema elemen-elemen program dinamik:



Gambar 2.1 Skema elemen-elemen program dinamik

2.5.3 Prosedur Perhitungan

Teknik perhitungan programisasi dinamik terutama didasarkan pada prinsip optimasi recursive (bersifat pengulangan) yang diketahui sebagai prinsip optimalisasi (*principle of optimality*). Prinsip ini mengandung arti bahwa bila dibuat keputusan multistage mulai pada tahap tertentu, kebijakan optimal untuk tahap-tahap selanjutnya tergantung pada ketetapan tahap permulaan tanpa menghiraukan bagaimana diperoleh suatu ketetapan tertentu tersebut (Subagyo, 1984: 165).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Daerah Studi

Daerah studi yang akan dikaji adalah daerah irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso dengan luas lahan \pm 237 Ha.



Gambar 3.1 Daerah Studi Penelitian

3.2 Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan untuk mendapatkan bahan acuan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Studi kepustakaan berisi tentang informasi-informasi yang diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, thesis atau disertasi, ketetapan-ketetapan, peraturan-peraturan baik tercetak maupun elektronik.

3.3 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan yang perlu disiapkan adalah: persiapan pengumpulan data-data sekunder, yaitu persiapan pembuatan surat-surat berperihal tentang permintaan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian di Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso dan Dinas Pertanian Kabupaten Bondowoso

3.4 Pengumpulan Data

Studi ini diperlukan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi terkait. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai sumber yang kebenarannya dapat dipertanggungjawabkan. Berikut adalah data sekunder yang diperlukan

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan diperlukan untuk mengetahui curah hujan andalan dan curah hujan efektif yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman di daerah irigasi tersebut. Data curah hujan yang digunakan tahun 2005 – 2014. Data curah hujan diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso.

b. Data Debit

Data debit diperlukan untuk mengetahui debit yang ada pada intake di daerah irigasi tersebut. Data debit yang digunakan tahun 2005 – 2014. Data debit diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso.

c. Data Klimatologi

Data klimatologi yang dibutuhkan adalah data evapotranspirasi, suhu/temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data klimatologi yang digunakan tahun 2005 – 2014. Data klimatologi diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Kaliwining, Jember.

d. Data Analisa Hasil Usaha Tani

Data tersebut digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai keuntungan maksimum dalam perhitungan optimasi. Data yang digunakan tahun 2014. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Bondowoso.

e. Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG)

Data RTTG meliputi gambaran luas area studi, pola tata tanam yang digunakan, dan jadwal tanam setiap musim selama satu tahun. Data RTTG diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso.

f. Skema Jaringan

Data skema jaringan untuk mengetahui letak bangunan-bangunan bagi, sadap maupun bagi sadap, mengetahui debit yang dialirkan dan mengetahui luas petak sawah tersebut.

3.5 Langkah-langkah Pengolahan Data

Langkah-angkah dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. mengolah data curah hujan,
 - 1) menentukan curah hujan wilayah dengan sebuah alat ukur,
 - 2) menghitung curah hujan andalan dengan metode tahun penentu (*basic year*), dan
 - 3) menghitung curah hujan efektif dengan input curah hujan andalan,
- b. mengolah data debit andalan,
- c. mengolah data klimatologi,
 - 1) mengolah data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan digunakan Metode Van De Goor Dan Zijlstra,
 - 2) data klimatologi diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi dengan Metode Penman,
- d. menghitung besarnya kebutuhan air tanaman,
- e. menghitung kebutuhan air di sawah,
- f. menghitung kebutuhan air di intake,
- g. menghitung neraca air untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan, dan
- h. optimasi pola tata tanam,

Optimasi alokasi air pada petak tersier dilakukan dengan menggunakan program dinamik dengan fungsi tujuan memaksimalkan hasil produksi dengan kendala debit air yang tersedia, kebutuhan air irigasi dan luas lahan pertanian.

3.6 Tahapan Perhitungan Program Dinamik

Prosedur penyelesaian untuk permasalahan optimasi alokasi air dengan program dinamik pada Daerah Irigasi Pringduri dilakukan sebagai berikut:

1. menghitung besarnya volume air yang dibutuhkan untuk masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap yang akan dikaji,
2. menghitung besar volume air yang tersedia dari debit andalan yang dialirkan secara terus menerus,
3. volume yang dibutuhkan dan volume yang tersedia, dapat dihitung luas lahan yang teraliri oleh debit yang ada pada tiap periode tanam pada masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
4. menentukan keuntungan sebagai fungsi debit yang merupakan keuntungan bersih dari debit yang akan dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
5. membuat tabel yang memuat unsur-unsur:
 - a. debit awal (tersedia) untuk dialokasikan,
 - b. debit akhir (setelah debit tersedia dialokasikan),
 - c. besar debit yang dialokasikan untuk tahap tersebut (yaitu debit awal sampai debit akhir),
 - d. keuntungan dari besarnya debit yang dialokasikan untuk masing-masing tahap,
 - e. didapatkan keuntungan maksimum dari masing-masing tahap, dan
 - f. didapatkan variabel keputusan yaitu debit guna maksimum yang dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
6. hasil dari tahap pertama ditransformasikan ke tahap berikutnya, demikian sampai akhir, dan
7. keuntungan maksimum pada tahap terakhir merupakan kebijakan total secara keseluruhan.

Selanjutnya berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini akan disajikan pada diagram alir penyelesaian skripsi seperti

gambar 3.1 dan untuk diagram penyelesaian optimasi menggunakan program dinamik dapat dilihat pada gambar 3.2

