



**STUDI OPTIMASI POLA TANAM DI SALURAN PRIMER
UTARA DAERAH IRIGASI BEDADUNG DENGAN
METODE *LINEAR PROGRAMMING***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

oleh

**Syane Rizky Prafitri
NIM 031710201038**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2007

PERSEMBAHAN

Karya Tulis Ilmiah ini adalah suatu hal yang berharga untuk mewujudkan cita-citaku. Dengan penuh rasa syukur Karya Tulis Ilmiah ini aku persembahkan kepada:

- ✿ Bapak Tonny Hassan dan Ibu Siti Chotimah yang tak pernah lelah memberikan do'a, kasih sayang, dan semangat.
- ✿ Adikku Poppy Ayu Andini yang selalu memberikanku dukungan.
- ✿ Almamater, agama dan bangsaku tercinta.

MOTTO

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syane Rizky Prafitri

NIM : 031710201038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul "Studi Optimasi Pola Tanam Di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Dengan Metode *Linear Programming*" adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kebenaran dan keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember 26 November 2007

Yang menyatakan,

Syane Rizky Prafitri

NIM. 031710201038

SKRIPSI

**STUDI OPTIMASI POLA TANAM DI SALURAN PRIMER UTARA
DAERAH IRIGASI BEDADUNG DENGAN METODE
*LINEAR PROGRAMMING***

Oleh

Syane Rizky Prafitri
NIM. 031710201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Suhardjo Widodo, MS

Dosen Pembimbing Anggota I : Dr. I.B. Suryaningrat, STP., MM

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Studi Optimasi Pola Tanam Di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Dengan Metode Linear Programming* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 26 November 2007

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Ir. Suhardjo Widodo, MS.
NIP. 130 608 231

Anggota I,

Anggota II,

Dr.I.B Suryaningrat, STp, MM.
NIP. 132 095 709

Dr. Indarto, STp, DEA.
NIP. 132 033 920

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Achmad Marzuki Moen'im, MSIE.
NIP. 130 531 986

RINGKASAN

Studi Optimasi Pola Tanam Di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Dengan Metode *Linear Programming*; Syane Rizky Prafitri, 031710201038; 2007: 46 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Salah satu hal yang berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air irigasi adalah pola tanam, sehingga diperlukan suatu penelitian mengenai pola tanam yang sesuai dengan ketersediaan air. Penelitian dilakukan untuk mengoptimalkan pola tanam sehingga akan didapatkan pola tanam dengan pendapatan maksimal.

Optimalisasi pola tanam menggunakan metode *linear programming* dengan bantuan *software LP ILP (linear programming integer linear programming)*. Penelitian dilakukan di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Kabupaten Jember pada bulan Mei sampai dengan bulan Agustus 2007.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pola tanam padi – palawija – tembakau – jeruk dengan awal tanam bulan Desember akan menghasilkan pendapatan paling maksimum, dengan kebutuhan air irigasi di petak sawah sebesar 0,86 l/dt/ha dan di intake sebesar 1,69 l/dt/ha.

PRAKATA

Alhamdulillah wasyukurilah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah yang berjudul **”Studi Optimasi Pola Tanam Di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Dengan Metode *Linear Programming*”**.

Karya tulis ilmiah ini penulis susun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya kerjasama, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Ir. Suhardjo Widodo, MS., selaku Dosen Pembimbing Utama.
2. Dr. I. B Suryaningrat, S.TP, MM., selaku dosen pembimbing anggota I dan ketua Jurusan Teknik Pertanian.
3. Dr. Indarto, S.TP, DEA., selaku dosen pembimbing anggota II
4. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., selaku pembantu dekan I Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan dosen wali.
5. Ibu Sri Wahyuningsih, S.TP, MT., trimakasih telah membimbing dalam penulisan proposal.
6. Bapak Didik selaku ketua pengamat pengairan Bangsalsari, trimakasih atas ijin penelitiannya.
7. Ir. Achmad Marzuki Moen'im, MSIE., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
8. Ir. Muharjo Pudjojono, selaku Komisi bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
9. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen, terima kasih atas ilmu yang diberikan serta bimbingannya selama *study* di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

10. Seluruh Karyawan dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi, perlengkapan, akademik dan kemahasiswaan.
11. Dian Dwi Wuri, rekan kerjaku terima kasih atas semangat dan kerjasamanya.
12. Saudara-saudaraku di MPA Khatulistiwa, Teman-teman angkatan 2003 TEP dan THP Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan teman-teman di UKM Kesenian Universitas Jember terima kasih atas bantuan dan semangat yang diberikan.

Semoga pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan laporan ini mendapat imbalan dari Tuhan YME. semoga penulisan laporan ini menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 26 November 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pola Tanam.....	3
2.2 Debit Andalan	3
2.3 Neraca Air	4
2.4 Kebutuhan Air Pengolah Tanah	5
2.5 Kebutuhan Air Tanaman.....	6
2.6 Perkolasi	11
2.7 Curah Hujan Efektif.....	12

2.8 <i>Linear Programming</i>	13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	16
3.2 Alat Penelitian	16
3.3 Metode Penentuan Lokasi.....	16
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	18
3.5 Pengolahan Data	19
3.6 Model Pengujian	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian.....	27
4.2 Analisis Kebutuhan Air Irigasi.....	27
4.2.1 Analisis Debit Irigasi.....	27
4.2.2 Analisis Curah Hujan	29
4.2.3 Analisis Faktor Iklim.....	30
4.2.4 Perhitungan Perkolasi.....	32
4.2.5 Efisiensi Saluran Irigasi	32
4.2.6 Kebutuhan Air Pengolah Tanah	32
4.2.7 Kebutuhan Air Tanaman	33
4.2.8 Kebutuhan Air Irigasi.....	33
4.3 Analisis Pola Tanam Dengan Linear Programming	35
4.3.1 Analisis hasil pengujian optimasi pola tanam	37
4.3.2 Analisis Hasil Pengujian Maksimasi Pendapatan Setiap Pola Tanam.....	41
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	6
2.2 Nilai Koefisien Tanaman	7
2.3 Rumus-rumus Mencaru Nilai Evapotranspirasi	8
2.4 Laju Perkolasi Pada Berbagai Tekstur Tanah	12
4.1 Luas Lahan Saluran Primer Utara	27
4.2 Rata-rata Debit Bulanan Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung	28
4.3 Hasil Analisis Debit Andalan Dengan Tingkat Kepercayaan 80%	29
4.4 Hasil Analisis Curah Hujan Efektif Dengan Tingkat Kepercayaan 80%	30
4.5 Parameter Iklim Saluran Primer Utara	31
4.6 Nilai Evapotranspirasi Potensial	32
4.7 Hasil Analisis Tanah Pada Saluran Primer Utara dan Nilai Perkolasinya	32
4.8 Pola Tanam Optimum Dengan Perbedaan Awal Bulan Tanam	37
4.9 Pola Tanam Dengan Pendapatan Maksimal Pada Saat Harga Jual Rendah	42
4.10 Pola Tanam Dengan Pendapatan Maksimal Pada Saat Harga Jual Tinggi	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Peta Lokasi Pengamatan	17
3.2 Alat Pengukur Curah Hujan (Umbrometer) di Stasiun Pengamat Curah Hujan Curahmalang	19
3.3 Diagram Alir Penelitian (Research Work Diagram).....	26
4.1 Grafik Debit di Dam Bedadung, Debit Sebenarnya dan Debit Andalan di Intake Saluran Primer Utara	28
4.2 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung.....	38
4.3 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan November	38
4.4 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Desember	39
4.5 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Januari.....	39
4.6 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Februari.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Peta Skema Operasi Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung.....	47
B. Analisis Debit Andalan.....	48
C. Analisis Curah Hujan	55
D. Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Potensial	66
E. Analisis Tanah	67
F. Effisiensi Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung.....	68
G. Perhitungan Kebutuhan Air Pengolah Tanah	69
H. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman.....	70
I. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi	71
J. Alternatif Pola Tanam	72
K. Data Harga Jual Tanaman Pangan di Petani.....	73
L. Rumus Matematis.....	7
M. Hasil Analisis Optimasi Pola Tanam.....	81

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan produksi pertanian terutama tanaman pangan sangat bergantung dari adanya ketersediaan air. Ketersediaan air bagi tanaman merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman, karena air berguna sebagai pelarut sel, medium transportasi unsur hara dalam tanah dan mempertahankan turgor dalam proses transpirasi dan fotosintesis (Arsad, 1989).

Ketersediaan air untuk irigasi sepanjang tahun tidak merata, karena dipengaruhi oleh keadaan musim (hujan dan kemarau). Lamanya musim hujan dan kemarau relatif sama, tetapi adakalanya musim kemarau lebih lama daripada musim hujan. Hal ini akan menimbulkan permasalahan di masyarakat khususnya petani, yaitu kekurangan air irigasi. Oleh karena itu diperlukan adanya pola perancangan dan pengelolaan irigasi agar pemberian air lebih efisien di musim penghujan maupun di musim kemarau.

Pola tanam merupakan salah satu hal yang berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air irigasi. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian mengenai pola tanam dengan memperhitungkan jumlah kebutuhan air tanaman yang disesuaikan dengan ketersediaan air irigasi, luas lahan dan harga jual hasil panen.

1.2 Perumusan Masalah

Ketersediaan air terbatas pada musim kemarau dan akan melimpah pada musim penghujan. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan dan pengelolaan dalam pemberian air irigasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan dan pengaturan air irigasi adalah pola tanam. Agar pemberian air irigasi lebih efisien pada musim penghujan dan musim kemarau, maka diperlukan suatu perancangan pola tanam dengan cara mengoptimalkan pola tanam.

Untuk mengoptimalkan pola tanam ada beberapa metode, salah satu metode yang digunakan adalah *linear programming*. Melalui metode *linear programming* dapat diketahui apakah pola tanam yang diterapkan telah menunjukkan hasil yang maksimal dilihat dari sumber daya yang jumlahnya terbatas. Dalam hal ini sumber daya yang terbatas meliputi ketersediaan air irigasi, luas lahan dan harga jual hasil panen.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui kebutuhan air irigasi pada saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung.
2. Melakukan evaluasi untuk memperoleh pola tanam yang optimal dan pola tanam yang menghasilkan pendapatan maksimal dengan menggunakan metode *Linear Programming*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh dinas terkait khususnya mengenai pola tanam pada lahan.
2. Penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk perkembangan penelitian-penelitian selanjutnya khususnya dalam perencanaan dan pembangunan jaringan irigasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pola Tanam

Peningkatan efisiensi pemberian air irigasi pada areal pertanian dapat diupayakan dengan usaha pengaturan pola dan tata tanam. Pola tanam merupakan urutan dan jenis tanaman yang ditanam di suatu areal sawah. Tata tanam adalah pengaturan waktu, tempat, jenis tanaman dan luas pertanaman pada musim penghujan dan kemarau. Perencanaan pola dan tata tanam disesuaikan dengan ketersediaan air, kebutuhan air bagi tanaman dan penggunaan air secara efisien, sehingga akan didapatkan hasil yang maksimal (Soetrisno dalam Setyanto, 1991). Jenis tanaman yang diatur pola dan tata tanamannya adalah tanaman semusim, seperti padi, jagung, kedelai, dan tebu. Ketersediaan dan kebutuhan air bagi tanaman ini dianalisis dengan menggunakan neraca air.

2.2 Debit Andalan

Debit andalan (*Dependable flow*) merupakan debit minimum sungai. Debit andalan aliran air berarti juga debit pelayanan irigasi diperhitungkan atas dasar 80% peluang kejadian (Pusposutardjo, 2001). Nilai debit andalan dapat diduga dengan menggunakan suatu pendekatan analisis frekuensi, analisis frekuensi adalah suatu metode pendugaan parameter hidrologi yang berdasarkan peluang pada periode rata-rata tertentu (Soesanto dan Ernanda, 1991).

Model analisis frekuensi debit andalan yang dipergunakan adalah metode sebaran normal. Nilai peubah acak normal (Z) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut: (Djarwanto, 1985).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- Z = Peubah acak normal
 x = Data debit acak kontinu
 μ = Debit rata-rata
 σ = Standart deviasi

2.3 Neraca Air

Neraca air merupakan sistem yang memperhitungkan *inflow* (aliran masuk) dan *outflow* (kehilangan air) dalam suatu periode tertentu (Soesanto dan Ernanda, 1991). Neraca air lahan pertanian dengan periode bulan secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_n = ET_{crop} + P - Re \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- Q_n = Debit yang dibutuhkan lahan (mm/hari)
 ET_{crop} = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)
 P = Perkolasi (mm/hari)
 Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

Persamaan tersebut perlu ditambahkan dua faktor lain, yaitu:

1. Kebutuhan air untuk pengolahan tanah. Yaitu Air yang dipergunakan untuk membuat tingkat kelumpuran tertentu dan meringankan beban pengolahan tanah.
2. Kebutuhan air untuk pergantian. Yaitu air yang dipergunakan sebagai genangan, usaha tani yang memerlukan genangan diperlukan air untuk menggantikan genangan (sawah)

Sehingga neraca air lahan pertanian secara keseluruhan ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut :

- 1 Kebutuhan air untuk pengolahan tanah
- 2 Kebutuhan air untuk tanaman
- 3 Perkolasi

- 4 Kebutuhan air untuk pergantian genangan
- 5 Curah hujan efektif (Linsley, 1996).

2.4 Kebutuhan Air Pengolahan Tanah

Kebutuhan air pengolahan tanah dipengaruhi sifat fisik tanah. Semakin berat tekstur tanah semakin banyak air yang diperlukan untuk mengolahnya, karena tekstur tanah yang semakin berat tidak mudah jenuh dengan air. Kebutuhan air pengolahan tanah ini didekati dengan metode yang dikembangkan oleh Van De Goor dan Zijlstra (1968) dalam Wilson (1993) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Qr = \frac{M \times e^K}{e^K - 1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- Qr = Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/hari)
- M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan (mm/hari)
- M = Eo + P (mm/hari)
- Eo = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 x ETo selama penyiapan lahan (mm/hari)
- P = Perkolasi (mm/hari)
- $$K = \frac{M \times T}{S} \dots\dots\dots(2.4)$$
- T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- S = Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan sawah diperlihatkan pada tabel 2.1. Dalam jangka waktu 1 sampai 2 bulan setelah transplantasi dilakukan penggantian lapisan air sebanyak 50 mm. Oleh karena itu nilai S ditambahkan 50 mm setelah diketahui tingkat kebutuhan airnya.

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Eo + P mm/hari	T 30hari		T 45 Hari	
	S 250 mm	S 300 mm	S 250 mm	S 300 mm
50	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8,0	13,0	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Jember, 2001

2.5 Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman (*crop water requirement*) merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman. Analisis Kebutuhan air tanaman sangat diperlukan dalam penentuan sistem irigasi dan kebutuhan air tanaman dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut (Dorenboss dalam Soesanto dan Ernanda,1991):

$$ET_{crop} = Kc \times ETo \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

ET crop = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

ETo = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Kc = Koefisien tanaman

Faktor Kc merupakan koefisien tanaman yang menunjukkan perbandingan antara kebutuhan air untuk tanaman dengan tanaman acuan. Sebagai tanaman acuan dipergunakan rumput yang mempunyai ketinggian seragam antara 8 sampai 15 cm. Koefisien tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: jenis tanaman,

tingkat pertumbuhan tanaman, musim dan kondisi klimatologi. Nilai koefisien untuk tanaman padi dan palawija dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Koefisien Tanaman

Tanaman	Nilai Koefisien Tanaman					Total Selama Pertumbuhan
	Awal Tanam	Masa Pertumbuhan	Pertengahan tanam	Akan Panen	Panen	
Padi	1,1 – 1,5	1,1 – 1,5	1,10 – 1,30	0,95 – 1,05	0,95 – 1,05	1,05 – 1,05
Jagung	0,3 – 0,4	0,7 – 0,8	1,00 - 1,15	0,70 – 0,80	0,40 – 0,50	0,75 – 0,90
Kedelai	0,3 – 0,4	0,7 – 0,8	1,00 - 1,15	0,70 – 0,80	0,40 – 0,50	0,75 – 0,90
Tembakau	0,3 – 0,4	0,7 – 0,8	1,00 – 1,20	0,90 – 1,00	0,75 – 0,85	0,85 – 0,95
Jeruk	0,3 – 0,4	0,7 – 0,8	1,00 - 1,15	0,70 – 0,80	0,40 – 0,50	0,75 – 0,90
Tebu	0,3 – 0,4	0,7 – 0,8	1,00 - 1,15	0,70 – 0,80	0,40 – 0,50	0,75 – 0,90

Evapotranspirasi adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi. Sesuai dengan namanya ETo juga merupakan gabungan antara proses-proses evaporasi dan transpirasi serta intersepsi. adalah proses penguapan, yaitu perubahan dari zat cair menjadi uap air atau gas dari semua bentuk permukaan kecuali vegetasi. Sedang transpirasi adalah perjalanan air dalam jaringan vegetasi (proses fisiologis) dari akar tanaman ke permukaan daun dan akhirnya menguap ke atmosfer. Intersepsi adalah penguapan air dari permukaan vegetasi ketika berlangsung hujan. Besarnya transpirasi kurang lebih sama dengan laju evaporasi apabila pori-pori daun (stomata) terbuka (Asdak, 1995).

Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi, maka dalam hal ini evapotranspirasi perlu dibedakan menjadi evapotranspirasi potensial (PET) dan evapotranspirasi aktual (AET). PET lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi (radiasi matahari, suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin, sementara AET lebih dipengaruhi oleh faktor fisiologi tanaman dan unsur tanah.

Pengukuran dan perhitungan evapotranspirasi dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Rumus-Rumus Untuk Menghitung Evapotranspirasi

No	Rumus	Data klimatologi yang diperlukan
Rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian		
1	Lowry - Johnson	suhu selama masa tanam
2	Thornthwaite	suhu selama masa tanam
3	Blaney – Cridle	suhu, % sinar matahari, koefisien tanaman
Rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan radiasi matahari		
4	Jansen -Haise	suhu, radiasi matahari
5	Ture	suhu, radiasi matahari
6	Grassi	suhu, radiasi matahari dan koefisien tanaman
7	Stephen - Steward	suhu, radiasi matahari
8	Makkink	suhu, radiasi matahari
Rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan kelembaban		
9	Blanney – Morin	suhu, % sinar matahari, kelembaban relatif, koefisien tanaman
10	Hamon	suhu, kelembaban mutlak, % sinar matahari
11	Hargreaves	suhu, kelembaban relatif, % sinar matahari, koefisien tanaman
12	Papadakis	suhu, tekanan uap jenuh, suhu rata-rata harian, suhu minimum
Rumus-rumus kompleks		
13	Penman	suhu, radiasi matahari, kecepatan angin, kelembaban
14	Cristiansen	suhu, radiasi, angin, kelembaban relatif, % sinar matahari, elevasi, koef. tanaman
15	Van Bravel	elevasi, koefisien tanamn, suhu, radiasi matahari, angin, kelembaban

Sumber: E.F Schulz/Problem in Apllied Hydrology, 1979

Metode yang sering di pakai di Indonesia adalah Penman, Blaney - Criddle dan Thortwaite. Selain itu besarnya evapotranspirasi potensial juga dapat diukur secara langsung, yaitu dengan menggunakan:

1. Panci Evaporasi

Menurut kantor cuaca nasional Amerika Serikat standart panci yang umum digunakan adalah panci evaporasi kelas A dengan ukuran diameter 122 cm dan kedalaman 25 cm.

2. Alat Ukur *Lysimeter*

Teknik *Lysimeter* lebih cocok untuk diterapkan pada tanaman pertanian di tempat-tempat percobaan atau laboratorium.

3. Teknik model simulasi dengan analisis neraca kelembaban tanah menggunakan perangkat komputer.

Pemilihan metode tergantung pada tipe data klimatologi yang tersedia dan kebutuhan tingkat ketelitian yang ditetapkan. Tingkat ketelitian data tergantung dari jumlah data, semakin banyak data maka tingkat ketelitiannya semakin tinggi. Berdasarkan Tabel 2.3 metode yang terbaik adalah metode Penman, kemungkinan kesalahan yang terjadi pada metode Penman sebesar 10 persen untuk musim panas dan 20 persen untuk musim penghujan dengan kondisi evaporasi rendah

Metode pendugaan evapotranspirasi potensial (ET_o) Penman persamaannya adalah sebagai berikut:

$$ET_o = c [W x Q_n + (1 - W) x f(u) x (e_w - e_a)] \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

c = Faktor koreksi

W = Faktor pemberat

Q_n = Radiasi netto (mm/hari)

f(u) = Fungsi kecepatan angin

e_w = Tekanan uap air jenuh (mbar)

e_a = Tekanan uap air nyata (mbar)

Radiasi netto merupakan perbedaan antara radiasi yang datang dengan perbedaan radiasi yang dipantulkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_n = Q_s (1 - r) - Q_c \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

Q_n = Radiasi netto (mm/hari)

Q_s = Radiasi gelombang pendek yang diterima permukaan bumi (mm/hari)

r = nilai albedo (0,25)

Q_c = Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan kembali

Nilai Q_c merupakan fungsi dari suhu, tekanan udara nyata dan perbandingan lama penyinaran nyata dengan lama penyinaran maksimum (n/D), dengan persamaan berikut:

$$Q_c = f(T) \times f(e_a) \times f(n/D) \\ = rT^4 \times (0,34 + 0,044 \sqrt{e_a}) \times (0,1 + 0,9 n/D) \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

Q_c = Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan kembali (mm/hari)

r = Konstanta Steven-Boltzman ($2,01 \times 10^{-9}$ mm/hari)

T = Suhu absolut ($^{\circ}K$)

e_a = Tekanan uap air nyata (mbar)

n = Lama penyinaran nyata (jam)

D = Lama penyinaran maksimum (jam)

Jika nilai radiasi gelombang pendek yang diterima permukaan bumi (Q_s) tidak tersedia digunakan persamaan:

$$Q_s = Q_a (0,29 + 0,59 n/D) \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

Q_a = Radiasi ekstrateressial (mm/hari)

n = Lama penyinaran nyata (jam)

D = Lama penyinaran maksimum (jam)

Faktor $(e_w - e_a)$ merupakan perbedaan antara tekanan uap air jenuh rata-rata (e_w) dengan tekanan uap air nyata (e_a). Data yang diperlukan dalam menentukan perbedaan tekanan uap air ini adalah kelembaban udara relatif rata-rata (RH rata-rata). Tekanan uap air jenuh rata-rata merupakan fungsi dari suhu rata-rata dan tekanan uap air nyata dihitung dengan persamaan:

$$RH_{rata-rata} = \frac{e_a}{e_w} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

RH rata-rata = Kelembaban udara relatif rata-rata (%)

e_w = Tekanan uap air jenuh (mbar)

e_a = Tekanan uap air nyata (mbar)

Faktor pemberat (W) merupakan fungsi dari suhu dan elevasi, faktor ini merupakan penyesuaian terhadap pengaruh angin. Faktor f (u) merupakan fungsi dari kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$f(u) = 0,27 \left(1 + \frac{U_2}{100} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

f (u) = Faktor fungsi kecepatan angin

U_2 = Kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (km/jam)

Jika kecepatan angin diukur tidak pada ketinggian 2 meter, maka kecepatan angin diasumsikan dengan memakai faktor koreksi yang dapat dilihat pada tata nama data klimatologi.

Faktor penyesuaian (c) merupakan penyesuaian dari berbagai kondisi lingkungan, yaitu:

1. Kelembaban udara maksimum (RHmax)
2. Radiasi netto (Qs)
3. Kecepatan angin siang hari (U siang)
4. Perbandingan kecepatan angin siang dan malam hari $\left(\frac{U \text{ siang}}{U \text{ malam}} \right)$

2.5 Perkolasi

Perkolasi merupakan peristiwa peresapan air dari daerah perakaran (lapisan tanah olah) ke lapisan tanah yang lebih dalam. Air perkolasi ini bergerak melalui profil tanah, melarutkan ion dan mengangkutnya masuk ke air bawah tanah (*ground*

water). Laju perkolasi dipengaruhi oleh tekstur tanah, tinggi muka air tanah, lapisan tanah olah (*top soil*), lapisan kedap dan topografi setempat. Laju perkolasi pada berbagai tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Laju Perkolasi Pada Berbagai Tekstur Tanah

Tekstur tanah	laju perkolasi (mm/hari)
Lempung berpasir (sandy soil)	3 – 6
Lempung (loam)	2 – 3
Lempung liat (clay loam)	1 – 2

Sumber : Rice irrigation in Japan, OTCA, 1973

Pemakaian nilai kehilangan air perkolasi dalam perencanaan sistem jaringan irigasi, untuk lahan sawah dipergunakan 3 mm/hari, sedangkan palawija dipergunakan 2,0 mm/hari (Seyhan, 1990).

2.6 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang meresap ke dalam tanah dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Jumlah curah hujan efektif pada areal tanaman tergantung pada intensitas hujan, topografi lahan, sistem pengolahan tanah dan tingkat pertumbuhan tanaman (Linsley, 1996)

Menurut Dorenboss dalam Soesanto dan Ernanda (1991), curah hujan efektif terjadi pada *dependable rainfall* antara 70 sampai 80 persen. Curah efektif bulanan untuk padi adalah

$$Re = 1.0(0.82P - 30) \dots\dots\dots(2.12)$$

Sedangkan untuk palawija adalah:

$$Re = 0.75(0.82P - 30) \dots\dots\dots(2.13)$$

Analisis curah hujan efektif untuk sawah mempergunakan 70 persen dari curah hujan pada periode ulang 5 tahun atau *dependable rainfall* sebesar 80 persen dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re = 0.7 \times \frac{1}{15} (R_5) \dots\dots\dots(2.14)$$

Sedangkan untuk palawija, curah hujan efektif palawija berdasarkan curah hujan bulanan rata-rata dan evapotransporasi tanaman

2.7 Linear Programming

Analisis sistem mempunyai banyak peranan di berbagai usaha, salah satunya adalah dalam penggunaan sumber air untuk menentukan pemberian air irigasi yang optimal, luas lahan yang dapat diairi serta penentuan kapasitas optimal dari suatu lahan (Soemadihardjo, 1990).

Linear programming merupakan alat analisis yang banyak digunakan dalam perencanaan dan penelitian usaha tani di negara maju. Teknik *linear programming* merupakan suatu cara empirik yang digunakan untuk merumuskan suatu rencana terbaik berkenaan dengan suatu tujuan yang ingin dicapai, dimana ketersediaan sumber daya terbatas (Boles dalam Soemadihardjo, 1990).

Ada 3 syarat utama yang harus dipenuhi agar teknik optimasi dari suatu masalah yang dapat dipecahkan apabila yaitu:

1. Mempunyai fungsi tujuan.
2. Mempunyai keterbatasan dari jumlah sumber tertentu dan dapat dinyatakan dalam sistem persamaan (=) atau ketidaksamaan (>/<).
3. Mempunyai alternatif aktivitas untuk mencapai tujuan. (Agrawal dan Headi dalam Soemadihardjo, 1990).

Linear programming merupakan perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang dapat mencapai tujuan terbaik di antara seluruh alternatif. Persoalan optimasi yang dikerjakan dengan metode *Linear Programming* dapat diselesaikan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Kita berusaha memaksimumkan atau meminimumkan suatu fungsi linier dari variabel-variabel keputusan yang disebut fungsi tujuan.
2. Harga atau besaran dari variabel-variabel keputusan itu harus memenuhi suatu pembatas. Setiap pembatas harus merupakan persamaan linier atau ketidaksamaan linier.
3. Suatu pembatas tanda dikaitkan dengan setiap variabel. Untuk setiap variabel X_1 , pembatasan tanda akan menunjukkan apakah X_1 harus *non negative* ($X_1 > 0$) atau X_1 tidak terbatas dalam tanda (Soekartawi, 1992).

Software Linear Programming Integer Linear Programming (LP ILP) merupakan salah satu program yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Program ini dapat menyelesaikan masalah *Linear Programming* (LP) maupun *Integer Linear Programming* (ILP). Untuk menyelesaikan permasalahan ini terlebih dahulu harus dicari rumus matematisnya, yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi batasan. Adapun format yang biasa digunakan adalah

$$\begin{array}{l} \text{Maksimumkan / minimumkan} \quad C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n \\ \text{Subyeknya} \quad \quad \quad \quad \quad A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + \dots + A_{1n}X_n \geq b_1 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + A_{23}X_3 + \dots + A_{2n}X_n \leq b_1 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + A_{33}X_3 + \dots + A_{3n}X_n = b_1 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad : \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{dsb} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad a \leq X_1 \leq b, 0 \leq X_2 \leq \infty, \dots, \text{dsb.} \end{array}$$

Kapasitas yang dimiliki oleh program ini antara lain:

1. Dapat menyelesaikan masalah Linear programming dengan metode simpleks dan grafis.
2. Dapat menyelesaikan masalah *Integer Linear Programming* dengan metode *Branch and Bound*.
3. Dapat menunjukkan tabel simpleks beserta iterasinya

4. Dapat menunjukkan hasil analisa permasalahan yang diselesaikan dengan metode *Branch and Bound*
5. Dapat menampilkan hasil analisis masing-masing parameter suatu permasalahan (*Combined Report*)
6. Menunjukkan alternatif solusi dari permasalahan yang ada (*Solution Value*)
7. Dapat memilih permasalahan ditunjukkan dalam tabel matrik atau tabel biasa.

Ernanda (1989) melakukan penelitian berjudul Optimasi Pola Tanam Dengan *Linear Programming* (Studi Kasus Daerah Irigasi Segitiga Jatiroto) pada bulan Agustus – September 1989. Pengolahan data menggunakan komputer IBM *Compatible* 640 kb dengan program dasar *LOTUS 123 version 2.01* sebagai *worksheet*, *wordstar professional Release 4* sebagai *word processor* dan *quickbasic version 4.0*. Program *linear programming* diprogram oleh David Nohler dan Gary E. Whithouse dari University of Central Florida (1986) dan telah dilakukan modifikasi untuk keperluan optimasi pola tanam. Jenis tanaman yang ditanam adalah padi, palawija dan tebu. Berdasarkan pengolahan data akan didapatkan luas maksimum yang dapat ditanami pada pola tanam padi, palawija, palawija dengan luas tanam antara 2056 ha sampai 2817 ha, sedangkan untuk tanaman tebu 368.30 ha sampai 4419.42 ha. Dengan awal bulan tanam padi (November, Desember, Januari), palawija (Maret, April, Mei), Palawija II (Juli, Agustus, Oktober) dan tebu (Juni, Agustus, September, Oktober).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

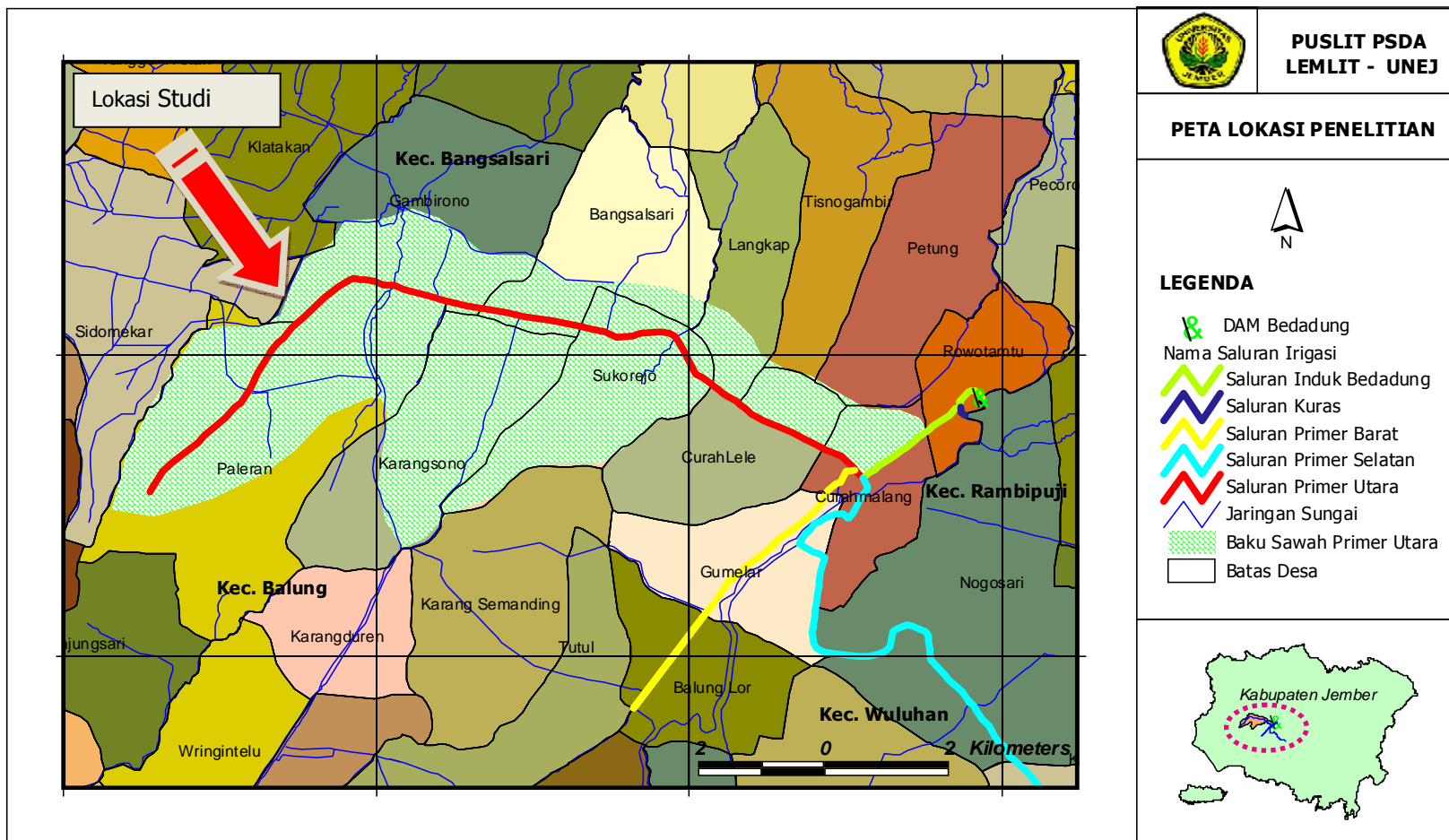
Penelitian ini dilakukan di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung Kabupaten Jember, pada bulan Mei sampai bulan Agustus 2007.

3.2 Alat Penelitian

1. Ring sampel
2. Oven
3. Ayakan
4. 1 unit komputer
5. Software Linear Programming (LP ILP)

3.3 Metode Penentuan Lokasi

Metode penentuan lokasi pada penelitian ini ditentukan berdasarkan data yang diperoleh di Dinas Pengairan Kabupaten Jember, bahwa Daerah Irigasi Bedadung khususnya saluran Primer Utara memerlukan suatu pengujian mengenai pola tanam guna peningkatan efisiensi irigasi. Jenis tanaman di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung lebih bervariasi sehingga selama ini pemberian irigasi yang dilakukan kurang efisien.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengamatan

3.4 Metode Pengumpulan Data

Terdapat 2 jenis data yang dikumpulkan untuk keperluan penelitian, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer diperoleh dengan cara pengukuran secara langsung. Adapun data yang diukur secara langsung adalah :
 - Perkolasi. Nilai perkolasi digunakan sebagai parameter untuk menghitung nilai kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air pengolah tanah. Cara pengukuran perkolasi adalah dengan melakukan analisis tanah untuk diketahui tekstur tanahnya. Pengambilan sampel tanah dilakukan di 3 lokasi yang berbeda, yaitu dekat dengan saluran irigasi (1 meter), jauh dari saluran irigasi (100 meter) dan sangat jauh dari saluran (200 meter). Kemudian sampel tanah tersebut dianalisis di Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Data Sekunder diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Jember dan kantor pengamat pengairan daerah Bangsalsari, data tersebut meliputi:
 - Pola tanam. Data pola tanam yang diambil adalah pola tanam yang diterapkan oleh petani selama 10 tahun terakhir (1997-2006), dan rencana pola tanam tahun 2007. adapun data pola tanam ini akan digunakan untuk menganalisis alternatif pola tanam yang sesuai sehingga pemberian air irigasi lebih efisien.
 - Debit saluran primer. Debit yang diambil adalah debit bulanan selama 10 tahun (1997-2006).
 - Curah hujan. Pengukuran curah hujan dilakukan di stasiun pengamat curah hujan dengan menggunakan alat ukur Umbrometer. Pengukuran curah hujan dilakukan setiap hari, untuk mendapatkan data curah hujan bulanan, maka data curah hujan harian dijumlahkan kemudian dibagi jumlah hari dalam 1 bulan. Data curah hujan digunakan untuk menganalisis kebutuhan air irigasi.



Gambar 3.2 Alat Pengukur Curah Hujan (Umbrometer) di Stasiun Pengamat Curah Hujan Curahmalang

- Iklim. Data iklim digunakan untuk mengetahui nilai Evapotranspirasi potensial (ET_o) setiap bulannya. Data yang diambil meliputi: temperatur, kelembaban udara, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin.

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan adalah untuk menentukan perhitungan:

a. Analisis debit air irigasi

Analisis debit andalan yang terjadi didekati dengan menggunakan analisis frekuensi pada tingkat kepercayaan 80% (*Dependable flow* 80%) pada sebaran normal menggunakan persamaan 2.1.

Ketelitian sebaran normal yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan sebaran Weibull dan Gumbell:

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

P(x) = Peluang sebaran frekuensi data dari Weibull dan Gumbell

m = Nomor ranking dari data kecil ke besar

n = Jumlah data

b. Analisis curah hujan

Analisis curah hujan ini digunakan untuk menentukan curah hujan efektif yang merupakan faktor utama dalam neraca air dengan menggunakan metode rata-rata aljabar.

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

R = Curah hujan daerah aliran (mm/bulan)

N = Jumlah titik pengamatan

R₁..R_n = Curah Hujan tiap titik pengamatan

Curah hujan daerah aliran ini digunakan untuk menentukan curah hujan efektif pada tanaman padi dan palawija, analisis yang digunakan adalah analisis frekuensi dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% pada sebaran normal. Sebagai pembanding digunakan sebaran Weibull dan Gumbell. Dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% ini diambil sebagai curah hujan efektif bagi tanaman padi sawah, sedangkan untuk tanaman palawija diambil 75% dari kemungkinan tak terpenuhinya 20%.

c. Analisis faktor iklim

Analisis faktor iklim dilakukan untuk mengetahui nilai evapotranspirasi potensial. Metode yang digunakan adalah metode Penman (Persamaan 2.6)

d. Perkolasi

Hasil analisis tekstur tanah yang didapatkan, kemudian dicocokkan dengan Tabel 2.4 untuk mendapatkan nilai perkolasinya.

e. Kebutuhan air pengolah tanah

Kebutuhan air pengolahan tanah ini didekati dengan persamaan 2.3.

f. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman didekati dengan persamaan 2.5. Nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) diduga dengan menggunakan metode Penman.

g. Efisiensi saluran

Perhitungan efisiensi saluran digunakan persamaan:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{out} B_i}{Q_{in}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

Q_{in} = Debit *input* (mm/hari)

$\sum Q_{out} B_i$ = Jumlah debit *output* (mm/hari)

h. Kebutuhan air irigasi

Dari hasil perhitungan faktor-faktor di atas maka kebutuhan irigasi tanaman dapat dihitung dengan persamaan:

1. Kebutuhan air irigasi untuk usaha tani padi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_i(pi) = \frac{ET_{crop} - Re + Q_g + Q_r}{efisiensi\ saluran} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

2. Kebutuhan air irigasi untuk usaha tani palawija, tebu, tembakau, dan jeruk dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_i(pa) = \frac{Etcrop - Re}{efisiensi\ total} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

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

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

P = Kehilangan air akibat distribusi Ground Water (mm/hari)

Q_g = Kebutuhan air untuk pergantian genangan (mm/hari)

Q_r = Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/hari)

3. Alternatif pola tanam yang dipergunakan dalam analisis kebutuhan merupakan kombinasi dari tanaman padi, palawija, tembakau, tebu, dan jeruk. Kombinasi ini berdasarkan data intensitas tanaman dengan berbagai bulan tanam, yang dapat dilihat pada lampiran J.

3.6 Model Pengujian

Dari hasil pengolahan data yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian dengan mengkombinasikan 5 pola tanam yang mempunyai kesamaan awal bulan tanam, kombinasi pola tanam dapat dilihat pada Lampiran J. Ada 2 macam pengujian yang dilakukan, yaitu mencari pola tanam yang optimal dengan keluaran luas lahan yang optimal dalam satuan hektar dan mencari pola tanam yang menghasilkan pendapatan penjualan yang maksimal dalam satuan rupiah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software Linear Programming Integer Linear Programming* (LP ILP). Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat. Variabel keputusan akan berupa harga $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ adalah luas tanaman 1 sampai 8 dalam satuan hektar (Ha).

2. Menentukan fungsi tujuan yang akan dicapai

Fungsi tujuan merupakan fungsi dari variabel keputusan yang akan dimaksimumkan. Adapun fungsi tujuan untuk mencari pola tanam yang optimum adalah: $Z = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_8$. Z merupakan luas lahan maksimum dengan satuan hektar.

Fungsi tujuan untuk mencari pola tanam dengan laba yang maksimal adalah: $Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + C_5 X_5 + \dots + C_8 X_8$. Z merupakan Pendapatan penjualan tanaman maksimum dalam satuan rupiah dan $C_1, C_2, C_3, \dots, C_8$ merupakan Pendapatan penjualan setiap pola tanam dalam satuan rupiah per hektar.

3. Menentukan fungsi pembatas

Fungsi pembatas merupakan kendala yang dihadapi, adapun pembatasnya adalah:

- a. Debit yang tersedia setiap bulan, dinyatakan dengan Q_1, Q_2, \dots, Q_{12} (l/dt).

- b. Luas baku sawah yang diairi oleh Saluran Primer Utara, dinyatakan dengan A (Ha).

4. Pembatas tanda

Pembatas tanda adalah pembatas yang menjelaskan harga negatif atau positifnya variabel, yang dituliskan $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_8 \geq 0$.

Berdasarkan langkah-langkah di atas maka dapat dibuat persamaan matematisnya sebagai berikut:

a. Mencari pola tanam optimum

Maksimumkan : $Z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8$

Batasan:

c1.1 X1 +		c1.7 X7 +	c1.8 X8	<= Q1		
c2.1 X1 +		c2.7 X7 +	c2.8 X8	<= Q2		
c3.1 X1 +		c3.7 X7 +	c3.8 X8	<= Q3		
c4.1 X1 +		c4.7 X7 +	c4.8 X8	<= Q4		
c5.2 X2 +	c5.4 X4 +	c5.7 X7 +	c5.8 X8	<= Q5		
c6.2 X2 +	c6.4 X4 +	c6.7 X7 +	c6.8 X8	<= Q6		
c7.2 X2 +	c7.4 X4 +	c7.7 X7 +	c7.8 X8	<= Q7		
c8.2 X2 +		c8.7 X7 +	c8.8 X8	<= Q8		
	c 9.3 X3 +	c 9.5 X5 +	c 9.6 X6 +	c9.7 X7	<= Q9	
	c10.3 X3 +	c10.5 X5 +	c10.6 X6 +		<= Q10	
	c11.3 X3 +	c11.5 X5 +	c11.6 X6 +		<= Q11	
	c12.3 X3 +		c12.6 X6 +		<= Q12	
X1 +				X7 +	X8	<= A
X2 +	X4 +			X7 +	X8	<= A
	X3 +	X5 +	X6 +	X7		<= A

$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_8 \geq 0$

Keterangan:

Z = Pendapatan maksimum yang akan dicapai (Rp)

X1 = Luas lahan tanaman padi I (Ha)

X2 = Luas lahan tanaman padi II (Ha)

X3 = Luas lahan tanaman padi III (Ha)

X4 = Luas lahan tanaman palawija I (Ha)

X5 = Luas lahan tanaman palawija II (Ha)

X6 = Luas lahan tanaman tembakau (Ha)

X7 = Luas lahan tanaman tebu (Ha)

X_8 = Luas lahan tanaman jeruk (Ha)

$c_{m.n}$ = Kebutuhan air tanaman m pada bulan n (L/dt/Ha)

Q_1 = Debit andalan awal bulan tanam (l/dt/Ha)

Q_2 = Debit andalan bulan ke-2 (l/dt/Ha)

Q_3 = Debit andalan bulan ke-3 (l/dt/Ha)

Q_4 = Debit andalan bulan ke-4 (l/dt/Ha)

Q_5 = Debit andalan bulan ke-5 (l/dt/Ha)

Q_6 = Debit andalan bulan ke-6 (l/dt/Ha)

Q_7 = Debit andalan bulan ke-7 (l/dt/Ha)

Q_8 = Debit andalan bulan ke-8 (l/dt/Ha)

Q_9 = Debit andalan bulan ke-9 (l/dt/Ha)

Q_{10} = Debit andalan bulan ke-10 (l/dt/Ha)

Q_{11} = Debit andalan bulan ke-11 (l/dt/Ha)

Q_{12} = Debit andalan bulan ke-12 (l/dt/Ha)

A = Luas baku sawah (Ha)

b. Mencari pola tanam dengan pendapatan maksimum

Maksimumkan : $Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + C_5 X_5 + C_6 X_6 + C_7 X_7 + C_8 X_8$

Batasan:

$$\begin{array}{rcll}
 c_{1.1} X_1 + & & c_{1.7} X_7 + & c_{1.8} X_8 & \leq Q_1 \\
 c_{2.1} X_1 + & & c_{2.7} X_7 + & c_{2.8} X_8 & \leq Q_2 \\
 c_{3.1} X_1 + & & c_{3.7} X_7 + & c_{3.8} X_8 & \leq Q_3 \\
 c_{4.1} X_1 + & & c_{4.7} X_7 + & c_{4.8} X_8 & \leq Q_4 \\
 c_{5.2} X_2 + & c_{5.4} X_4 + & c_{5.7} X_7 + & c_{5.8} X_8 & \leq Q_5 \\
 c_{6.2} X_2 + & c_{6.4} X_4 + & c_{6.7} X_7 + & c_{6.8} X_8 & \leq Q_6 \\
 c_{7.2} X_2 + & c_{7.4} X_4 + & c_{7.7} X_7 + & c_{7.8} X_8 & \leq Q_7 \\
 c_{8.2} X_2 + & & c_{8.7} X_7 + & c_{8.8} X_8 & \leq Q_8 \\
 c_{9.3} X_3 + & c_{9.5} X_5 + & c_{9.6} X_6 + & c_{9.7} X_7 & \leq Q_9 \\
 c_{10.3} X_3 + & c_{10.5} X_5 + & c_{10.6} X_6 + & & \leq Q_{10} \\
 c_{11.3} X_3 + & c_{11.5} X_5 + & c_{11.6} X_6 + & & \leq Q_{11} \\
 c_{12.3} X_3 + & & c_{12.6} X_6 + & & \leq Q_{12} \\
 X_1 + & & X_7 + & X_8 & \leq A \\
 & X_2 + & X_7 + & X_8 & \leq A \\
 & & X_3 + & X_5 + & X_6 + & X_7 & \leq A \\
 X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_8 \geq 0
 \end{array}$$

Keterangan :

Z = Pendapatan maksimum yang akan dicapai (Rp)

C = Harga jual tanaman (Rp/Ha)

X1 = Luas lahan tanaman padi I (Ha)

X2 = Luas lahan tanaman padi II (Ha)

X3 = Luas lahan tanaman padi III (Ha)

X4 = Luas lahan tanaman palawija I (Ha)

X5 = Luas lahan tanaman palawija II (Ha)

X6 = Luas lahan tanaman tembakau (Ha)

X7 = Luas lahan tanaman tebu (Ha)

X8 = Luas lahan tanaman jeruk (Ha)

c m.n = Kebutuhan air tanaman m pada bulan n (L/dt/Ha)

Q1 = Debit andalan awal bulan tanam (l/dt/Ha)

Q2 = Debit andalan bulan ke-2 (l/dt/Ha)

Q3 = Debit andalan bulan ke-3 (l/dt/Ha)

Q4 = Debit andalan bulan ke-4 (l/dt/Ha)

Q5 = Debit andalan bulan ke-5 (l/dt/Ha)

Q6 = Debit andalan bulan ke-6 (l/dt/Ha)

Q7 = Debit andalan bulan ke-7 (l/dt/Ha)

Q8 = Debit andalan bulan ke-8 (l/dt/Ha)

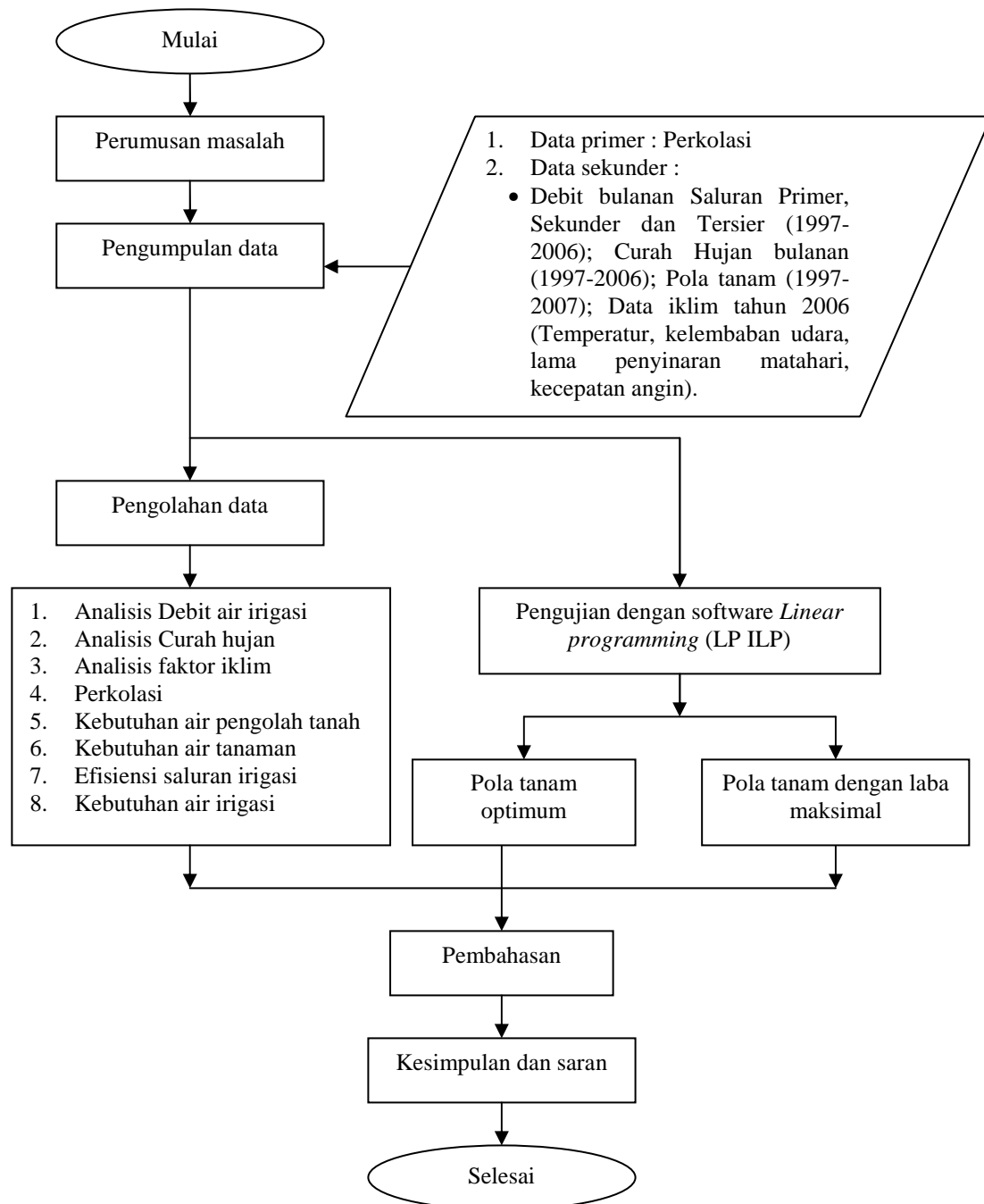
Q9 = Debit andalan bulan ke-9 (l/dt/Ha)

Q10 = Debit andalan bulan ke-10 (l/dt/Ha)

Q11 = Debit andalan bulan ke-11 (l/dt/Ha)

Q12 = Debit andalan bulan ke-12 (l/dt/Ha)

A = Luas baku sawah (Ha)



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (*Research Work Diagram*)

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian

Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung berada di wilayah pengamat pengairan Bangsalsari yang berada di daerah Curahmalang – Jember. Daerah Irigasi Bedadung mempunyai luas baku sawah sebesar 13.245 Ha, sedangkan Saluran Primer Utara mempunyai luas baku sawah 2684 Ha. Sumber air Saluran Primer Utara berasal dari Dam Bedadung yang membendung Sungai Bedadung. Daerah layanan saluran Primer Utara meliputi Kecamatan Bangsalsari dan Umbulsari. Daerah layanan secara keseluruhan dan baku sawah masing-masing saluran sekunder dapat dilihat pada Lampiran A.

Baku sawah di Saluran Primer Utara memiliki beberapa tanaman pokok, yaitu padi, palawija, tembakau, tebu dan jeruk. Luas lahan Saluran Primer Utara berdasarkan luas baku sawah untuk masing-masing saluran sekunder dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Luas Lahan Saluran Primer Utara

No	Saluran Sekunder	Luas Lahan (Ha)		
		Sawah	Tebu	Jeruk
1	Tersier di Saluran Primer Utara	580	-	-
2	Sukorejo	261	48	-
3	Keting	216	-	-
4	Gambirono	451	58	-
5	Paleran	470	118	297

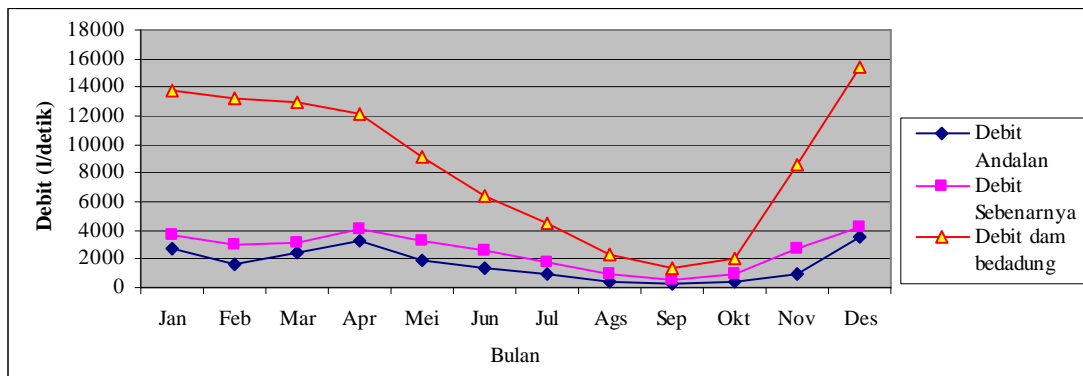
4.2 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

4.2.1 Analisis Debit Irigasi

Kebutuhan air irigasi pada daerah penelitian berasal dari Sungai Bedadung yang dibendung oleh Dam Bedadung. Rata-rata debit bulanan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rata-Rata Debit Bulanan Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung (l/detik)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	des
1997	3695	3360	2558	3989	3520	2265	1820	1050	675	1029	3325	4450
1998	3752	2526	2789	4425	3692	2750	1443	1286	655	1562	3551	4250
1999	3926	2303	2506	3241	2641	2044	1807	989	742	1766	3701	4492
2000	4435	1518	3701	4480	4163	3523	1923	1307	805	811	3411	4378
2001	3507	2340	3795	4519	3435	3267	1736	1163	512	1728	2683	3784
2002	3619	3112	3885	4212	2992	1655	910	539	358	432	2106	3916
2003	3605	3414	2986	3682	2922	2305	1955	498	312	614	1635	3910
2004	4559	4068	2763	3822	3931	2687	1286	527	359	454	1899	3570
2005	3369	3504	3299	4481	1753	3420	2528	790	512	933	2429	4378
2006	2741	3635	3426	3643	3289	1404	1673	882	424	699	2250	4492
Rerata	3721	2978	3171	4049	3234	2532	1708	903.1	535.4	1003	2699	4162



Gambar 4.1 Grafik Debit di Dam Bedadung, di *Main Intake* dan Debit Andalan Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung

Debit air yang diambil di Dam Bedadung berkisar antara 1000 – 16.000 l/detik, debit tertinggi pada bulan Desember dan rendah pada bulan September. Debit yang diberikan pada Saluran Primer Utara berkisar antara 535,4 – 4162 l/detik. Debit tertinggi diberikan pada bulan Desember dan bulan April, karena pada bulan tersebut dilakukan penyiapan lahan pada sawah yang membutuhkan banyak air, sedangkan debit terendah diberikan pada bulan September.

Analisis debit andalan Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung dapat dilihat pada lampiran B. Analisis ini sangat penting dalam perhitungan ketersediaan air. Debit andalan merupakan debit minimum saluran untuk memenuhi kemungkinan terpenuhi sebesar 80% yang dapat digunakan untuk keperluan irigasi dan

kemungkinan tak terpenuhi (debit yang ada lebih kecil dari debit yang diandalkan) adalah sebesar 20%. Hasil analisis debit andalan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Debit Andalan dengan Tingkat Kepercayaan 80%

Musim	Bulan	Debit Andalan (l/detik) dependable flow 80 %
Hujan	November	975.98
	Desember	3610.5
	Januari	2790.72
	Februari	1592.38
	Maret	2468.22
	April	3244.03
Kemarau I	Mei	1860.05
	Juni	1312.12
	Juli	910.32
Kemarau II	Agustus	477.14
	September	288.39
	Oktober	413.18

Dari tabel 4.3 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa *dependable flow* berkisar antara 288,39-3610,5 l/detik. Nilai puncak terjadi pada musim hujan yaitu pada bulan Desember dan nilai terendah terjadi pada bulan September.

4.2.2 Analisis Curah Hujan

Perhitungan curah hujan efektif merupakan faktor utama dalam analisis kebutuhan air tanaman. Curah hujan Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung diamati oleh 7 stasiun pengamat curah hujan, yaitu: Rowotamtu, Curahmalang, Sukorejo, Paleran, Tugusari, Langkap, dan Kijingan. Analisis curah hujan menggunakan analisis frekuensi dengan peluang terjadinya curah hujan efektif adalah sebesar 80%, yaitu peluang termanfaatkannya curah hujan bagi tanaman sebesar 80%. Data curah hujan tiap tahun dan analisisnya dapat dilihat pada lampiran C. Hasil analisis curah hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Analisis Curah Hujan Efektif dengan Tingkat kepercayaan 80%

Musim	Bulan	CH Efektif		Curah Hujan efektif		
		Rainfall flow 80% mm/bulan	Padi sawah mm/bulan	mm/hari	Palawija, jeruk dan tebu mm/bulan	mm/hari
Hujan	November	37.37	37.37	1.25	28.03	0.93
	Desember	36.37	36.37	1.17	27.27	0.88
	Januari	98.83	98.83	3.19	74.12	2.39
	Februari	91.59	91.59	3.27	68.69	2.45
	Maret	29.96	29.96	0.97	22.47	0.72
	April	42.09	42.09	1.40	31.57	1.05
Kemarau I	Mei	15.31	15.31	0.49	11.48	0.37
	Juni	0	0	0	0	0
	Juli	0	0	0	0	0
Kemarau II	Agustus	0	0	0	0	0
	September	0	0	0	0	0
	Oktober	0	0	0	0	0

Curah hujan efektif pada musim hujan berkisar antara 0,72 – 3,27 mm/hari. Curah hujan maksimum terjadi pada bulan Januari, sedangkan yang terkecil terjadi pada bulan Maret. Pada musim kemarau I masih terjadi hujan efektif pada bulan Mei, sedangkan pada musim kemarau II tidak terjadi curah hujan efektif.

4.2.3 Analisis Faktor Iklim

Parameter untuk analisis faktor iklim diamati pada stasiun klimatologi PG Semboro Kecamatan Tanggul.. Parameter untuk analisis faktor iklim dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Parameter Iklim Saluran Primer Utara

No	Parameter	bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Suhu (°C)	26.1	27.0	26.8	26.5	26.5	26.5	26.7	26.5	26.3	26.4	26.5	26.7
2	Kelembaban udara (%)	78.0	80.0	79.0	76.0	77.0	69.0	76.0	78.0	74.0	72.0	72.0	72.0
3	Penyinaran Matahari (%)	77.0	86.0	85.0	80.0	88.0	85.0	86.0	77.0	87.0	74.0	78.0	63.0
4	Kec. Angin (km/hari)	28.8	24.0	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6

Suhu udara rata-rata antara bulan Januari sampai bulan Desember bervariasi antara 26,1°C – 27°C, kelembaban udara rata-rata berkisar antara 69% - 80%, lama penyinaran matahari berkisar antara 63% - 89%, kecepatan udara berkisar antara 21,6

– 28,8 km/hari. Berdasarkan hasil pengamatan parameter iklim diatas, maka Saluran Primer Utara mempunyai parameter iklim sebagai berikut:

1. Suhu udara menunjukkan rata-rata sedang
2. Kelembaban udara rata-rata menunjukkan tinggi
3. Lama penyinaran matahari berada pada tingkat sedang
4. Kecepatan angin menunjukkan tingkat rendah.

Analisis faktor iklim ini dimaksudkan untuk menghitung besarnya nilai evapotranspirasi potensial (ETo) yang terjadi di Saluran Primer Utara dengan menggunakan metode Penman. Besarnya nilai evapotranspirasi potensial dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Nilai Evapotranspirasi Potensial (ETo) di Saluran Primer Utara

Musim	Bulan	Eto (mm/hari)
Hujan	November	5.98
	Desember	5.45
	Januari	5.86
	Februari	6.27
	Maret	5.95
	April	5.36
Kemarau I	Mei	5.00
	Juni	4.69
	Juli	4.72
Kemarau II	Agustus	4.9
	September	5.76
	Oktober	5.73

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai evapotranspirasi potensial (ETo) pada musim hujan berkisar antara 5,36 – 6,27 mm/hari, sedangkan pada musim kemarau I dan kemarau II berkisar antara 4,69 – 5,67 mm/hari. Secara umum dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai evapotranspirasi potensial tertinggi terjadi pada musim hujan. Hal tersebut dikarenakan pada musim hujan ketersediaan air dan lama penyinaran matahari tinggi sehingga menyebabkan laju evapotranspirasi menjadi lebih tinggi.

4.2.4 Perhitungan Perkolasi

Nilai perkolasi digunakan untuk menghitung nilai kebutuhan air untuk pengolah tanah. Perkolasi dapat ditentukan dengan mengetahui tekstur tanah pada lahan melalui analisis tanah. Penelitian ini mengambil 3 sampel tanah yang berbeda dari lahan yang berbeda, yaitu: jarak 1 meter (A), jarak 100 meter (B) dan jarak 200 meter (C) dari saluran irigasi. Hasil analisis tanah dan nilai perkolasinya dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Analisis Tanah Pada Saluran Primer Utara dan Nilai Perkolasinya

Sampel	% Kelas Tekstur			Tekstur	Perkolasi (mm/hari)
	Pasir	Debu	Lempung		
A	67.24	22.41	10.34	Sandy loam	3
B	58.18	26.55	15.27	Sandy loam	3
C	59.02	22.95	18.03	Sandy loam	3

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa dari ke tiga sampel tersebut teksturnya adalah *sandy loam* atau lempung berpasir. Sehingga dapat diketahui nilai perkolasinya adalah 3 mm/hari.

4.2.5 Efisiensi Saluran Irigasi

Dalam perhitungan efisiensi saluran digunakan data debit pada saluran primer dan sekunder. Untuk nilai efisiensi saluran tersier diasumsikan sebesar 80%. Pengasumsian ini dilakukan karena pengukuran debit dari saluran tersier ke saluran kuarter tidak pernah dan sangat sulit dilakukan karena tidak adanya bangunan ukur.

Perhitungan efisiensi saluran primer dan sekunder berdasarkan debit yang masuk dan keluar dari saluran. Hasil perhitungan efisiensi saluran dapat dilihat pada Lampiran F. Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa efisiensi total saluran Primer Utara bernilai antara 84%.

4.2.6 Kebutuhan Air Pengolah Tanah

Kebutuhan air pengolah tanah ini adalah kebutuhan air untuk pengolahan lahan sebelum dilakukan penanaman. Kebutuhan air untuk pengolah tanah hanya diperlukan untuk tanaman padi saja. Menurut Fukada (1974) kebutuhan air untuk

penjenuhan tanah berdasarkan dari jenis tekstur lempung diasumsikan sebesar 200 mm dan penggenangan air setelah transplantasi adalah 50 mm. Hasil analisis kebutuhan air pengolah tanah dapat dilihat pada lampiran G.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan air untuk pengolahan tanah di Saluran Primer Utara berkisar antara 13,07 – 14,24 mm/hari. Kebutuhan air untuk pengolah tanah tinggi pada musim hujan dan rendah pada musim kemarau.

4.2.7 Kebutuhan Air Tanaman

Analisis kebutuhan air untuk tanaman ditentukan berdasarkan nilai evapotranspirasi potensial dan koefisien tanaman. Masing-masing jenis tanaman memiliki koefisien yang berbeda, begitu juga dengan semakin lama tanaman ditanam semakin kecil nilai koefisiennya.

Hasil perhitungan kebutuhan air tanaman dapat dilihat pada lampiran H. berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air tanaman tertinggi adalah pada saat penanaman padi, karena tanaman membutuhkan banyak air baik untuk pertumbuhannya maupun untuk mengolah lahannya. Sedangkan tanaman yang hanya memerlukan sedikit air adalah tebu, karena tebu tidak memerlukan banyak air pada proses pertumbuhannya.

4.2.8 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi ini dihitung berdasarkan data kebutuhan air tanaman, untuk mendapatkan jumlah kebutuhan air irigasi terlebih dahulu dilakukan perhitungan kebutuhan air irigasi setiap tanaman selama masa tanamnya. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air irigasi setiap tanaman maka dapat diketahui jumlah air yang harus dialirkan di setiap saluran. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dapat dilihat pada lampiran I. Nilai kebutuhan air irigasi setiap saluran irigasi adalah sebagai berikut:

1. Petak sawah sebesar 0,86 l/detik/Ha
2. Saluran Tersier sebesar 1,22 l/detik/Ha
3. Saluran Sekunder sebesar 1,52 l/detik/Ha
4. Saluran Primer sebesar 1,69 l/detik/Ha

Kebutuhan air irigasi di setiap saluran berbeda, hal tersebut karena adanya perbedaan efisiensi saluran irigasi. Semakin ke petak sawah efisiensi salurannya semakin kecil sehingga mempengaruhi nilai kebutuhan air irigasi di saluran. Efisiensi saluran irigasi semakin kecil nilainya berarti semakin banyak kehilangan air di saluran. Oleh karena itu jumlah air irigasi di saluran primer sampai ke petak sawah nilainya semakin menurun. Kehilangan air pada saluran dapat disebabkan antara lain oleh penguapan, perembesan, kebocoran saluran dan pencurian air.

Berdasarkan analisis kebutuhan air irigasi dan data debit, maka didapatkan kebutuhan air irigasi di bangunan intake bangunan pertama untuk mengairi Saluran Primer Utara dengan luas lahan 2684 Ha adalah 4535,96 l/dt. Sedangkan data debit di Saluran Primer Utara antara 535,4 – 4162 l/detik, sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kekurangan air di petak sawah.

Untuk mengatasi terjadinya kekurangan air irigasi, maka Dinas Pengairan berpedoman pada LPR (luas palawija relatif) dan FPR (faktor palawija relatif) dalam melaksanakan eksploitasi jaringan. Luas palawija relatif (LPR) adalah hasil perkalian antara luas tanam suatu jenis tanaman dikalikan dengan nilai perbandingan antara kebutuhan air tanaman tersebut dengan kebutuhan air tanaman palawija.

Faktor palawija relatif (FPR) merupakan debit air yang dibutuhkan di bangunan sadap tersier oleh tanaman palawija seluas satu hektar. Nilai faktor palawija relatif dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu FPR berdasarkan 10 hari yang lalu dan FPR untuk 10 hari yang akan datang (rencana). Dengan diketahui nilai dari perkalian antara FPR rencana dan LPR rencana, maka akan didapatkan nilai debit rencana. Debit rencana ini digunakan sebagai acuan untuk pemberian air irigasi selama 10 hari berikutnya. Dengan adanya debit rencana ini maka kebutuhan air irigasi untuk tanaman di petak sawah dapat terpenuhi.

4.3 Analisis Pola Tanam dengan *Linear Programming*

Untuk menentukan pola tanam yang paling optimum di saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung, maka dilakukan pengujian pola tanam dengan menggunakan *Software Linear Programming Integer Linear Programming* (LP ILP). Analisis ini berdasarkan debit andalan (l/detik), kebutuhan air tanaman (l/detik/Ha), luas baku sawah (Ha) dan harga penjualan tanaman (Rp). Adapun hasil pengujian kombinasi pola tanam untuk mencari pola tanam yang optimal dan mencari pola tanam dengan pendapatan maksimal dapat dilihat pada Lampiran M.

Pada Lampiran M terdapat 2 tabel, dimana tabel yang pertama menunjukkan informasi dari variabel (luas lahan tiap tanaman) dan tabel kedua menunjukkan informasi dari batasan (debit dan luas baku sawah). Pada tabel 1 informasi yang ditunjukkan meliputi:

1. *Decision Variable*, adalah nama atau variabel yang dicari nilainya (luas lahan tiap tanaman)
2. *Solution Value*, adalah nilai dari variabel (luas lahan) setelah dilakukan perhitungan
3. *Unit Cost or Profit*, adalah harga atau keuntungan per satu produk (Rp/hektar)
4. *Total Contribution*, adalah harga total atau keuntungan total, yang diperoleh dari perkalian antara *Unit Cost or Profit* dengan *Solution Value*
5. *Reduced Cost*, adalah nilai yang akan didapatkan apabila variabel dipaksakan untuk diusahakan.
6. *Basis Status*, menunjukkan apakah hasil pengujian masing-masing variabel optimum atau tidak. Bila terisi basic maka variabel tersebut optimum, bila terisi at bound maka variabel tersebut tidak optimum.
7. *Allowable Minimum*, menunjukkan batas nilai terendah *Unit Cost or Profit* yang diijinkan. Apabila nilai *Solution Value* yang di hasilkan dibawah nilai yang diijinkan maka kolom *Allowable Minimum* akan terisi dengan (-) M, artinya bahwa variabel tersebut tidak optimum.

8. *Allowable Maximum*, menunjukkan batas nilai tertinggi *Unit Cost or Profit* yang diijinkan. Apabila kolom *Allowable Maximum* terisi M maka nilai pada kolom *Solution Value* tersebut adalah nilai tertingginya.

Pada tabel kedua informasi yang ditampilkan meliputi:

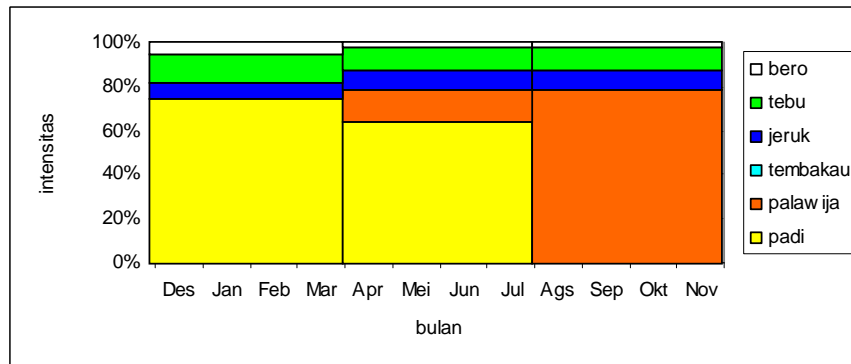
1. *Constraint*, adalah faktor pembatas yang sudah diketahui nilainya (debit dan luas baku sawah)
2. *Left Hand Size*, adalah jumlah dari faktor pembatas yang terpakai
3. *Direction*, merupakan tanda dalam persamaan matematis. Apabila persoalan yang akan diselesaikan dengan linear programming adalah persoalan maksimasi maka tandanya adalah \leq (lebih kecil sama dengan), bila persoalan yang diselesaikan adalah persamaan minimasi maka tanda yang digunakan adalah \geq (lebih besar sama dengan).
4. *Right Hand Size*, adalah jumlah dari faktor pembatas yang tersedia.
5. *Slack or Surplus*, adalah kolom yang menunjukkan nilai kekurangan atau nilai sisa dari pembatas. Didapatkan dari selisih antara *Left Hand Size* dengan *Right Hand Size*. Apabila persoalan yang diselesaikan adalah persoalan maksimasi maka akan terjadi *Surplus* (sisa), bila persoalannya adalah minimasi maka terjadi *Slack* (kekurangan)
6. *Shadow Price*, adalah harga bayangan atau nilai tambahan apabila dilakukan penambahan produk atau aktivitas.
7. *Allowable Minimum*, menunjukkan batas nilai terendah *Right Hand Size* yang diijinkan. Apabila nilai *Left Hand size* yang di hasilkan dibawah nilai yang diijinkan maka kolom *Allowable Minimum* akan terisi dengan (-) M, artinya bahwa variabel tersebut tidak optimum.
8. *Allowable Maximum*, menunjukkan batas nilai tertinggi *Right Hand Size* yang diijinkan. Apabila kolom *Allowable Maximum* terisi M maka nilai pada kolom *Right Hand Size* tersebut adalah nilai tertingginya.

4.3.1 Analisis Hasil Pengujian Optimasi Pola Tanam

Ketersediaan air, luas lahan dan kebutuhan air tanaman merupakan faktor yang mempengaruhi dalam analisis optimasi pola tanam. Baku sawah saluran primer utara daerah irigasi bedadung mempunyai 5 jenis tanaman yang ditanam setiap tahunnya dan didapatkan 7 alternatif pola tanam yang dapat diterapkan. Pengujian dilakukan dengan perbedaan awal bulan tanam per tahun. Awal bulan tanam adalah bulan hujan yaitu November, Desember, Januari dan Februari. Hasil analisis ditunjukkan dengan nilai luas lahan pada masing-masing tanaman dalam satuan hektar. Pola tanam yang optimum dengan perbedaan awal bulan tanam dapat dilihat pada tabel 4.7

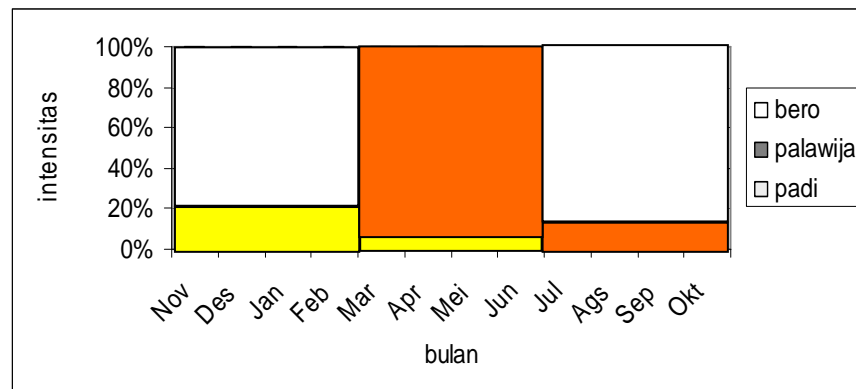
Tabel 4.7 Pola Tanam Optimum Dengan Perbedaan Awal Bulan Tanam

No	Tanaman	Luas Tanaman (Ha)				
		Sebenarnya	November	Desember	Januari	Februari
1	Padi I	1978	527.56	1917.63	1197,28	965,08
2	Padi II	1704	189.72	0	0	0
3	Padi III	0	0	0	0	0
4	Palawija I	419	2494.28	1808.22	1358,69	603,98
5	Palawija II	2071	365.05	365,05	365,05	598,81
6	Tembakau	3	0	0	0	0
7	Tebu	224	0	273.55	0	0
8	Jeruk	297	0	0	0	0
Luas baku sawah		2684	2684	2684	2684	2684
Luas	MH	2499	527.56	2191.18	1197,28	965,08
Maks	MK I	2644	2684	2081.77	1358,69	603,98
	MK II	2595	365.05	638.6	365,05	598,81
Persentase	MH	93,1 %	19.70%	81,6 %	44,6 %	36%
	MK I	98,5 %	100%	77,6 %	50,6 %	22,5 %
	MK II	96,7 %	69,2 %	23,8 %	13,6 %	22,3 %



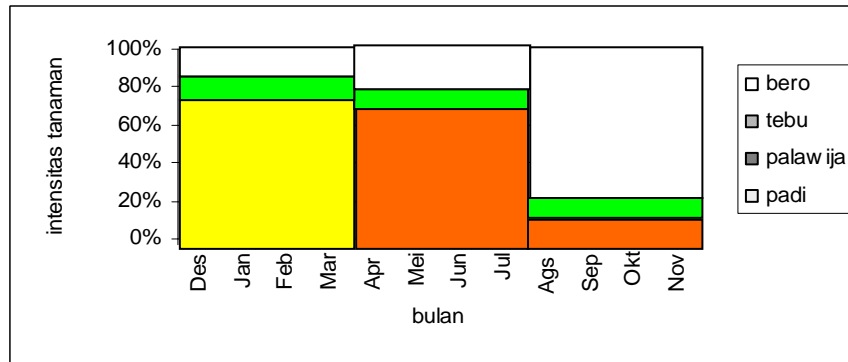
Gambar 4.2 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa pola tanam yang diterapkan di Saluran Primer Utara Daerah Irigasi Bedadung adalah padi I yang ditanam pada musim hujan, padi II dan palawija I yang ditanam pada musim kemarau I, palawija II dan tembakau yang ditanam pada musim kemarau II dan tebu dan jeruk yang ditanam sepanjang tahunnya.

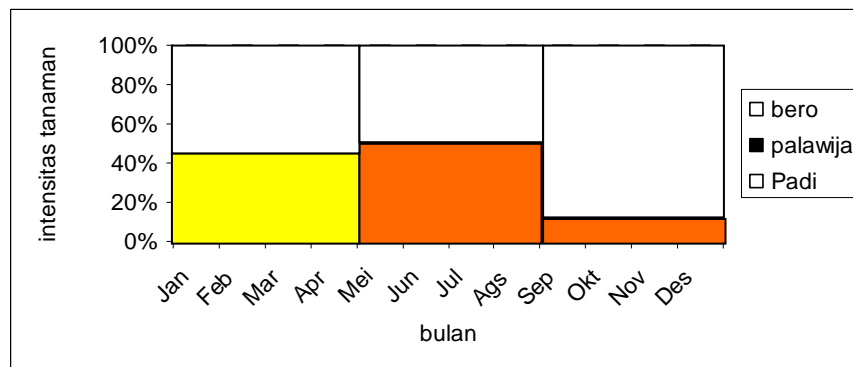


Gambar 4.3 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan November

Grafik diatas menunjukkan bahwa pola tanam yang optimal dengan awal tanam pada bulan November adalah padi dengan intensitas 19,7 % pada musim hujan, padi 7,1 % dan palawija 92,9 % pada musim kemarau I dan palawija 13,6 % pada musim kemarau II. Pola tanam yang optimal dan intensitas tanaman dengan awal tanam bulan Desember diatas adalah padi 71,4%– palawija 67,4% – palawija 13,6% dan tebu sepanjang tahun 10,2%, seperti yang terlihat pada gambar 4.4

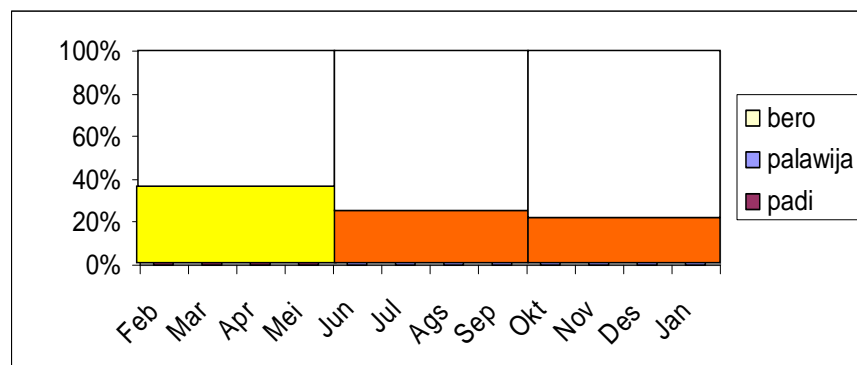


Gambar 4.4 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Desember



Gambar 4.5 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Januari

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui pola tanam dan intensitas tanaman dengan awal tanam bulan Januari, yaitu padi 44,6% - palawija 50,6% - palawija 15,6%.



Gambar 4.6 Grafik Persentase Intensitas Tanaman Dengan Awal Tanam Bulan Februari

Pola tanam dengan awal tanam bulan Februari adalah padi – palawija – palawija dengan intensitas tanaman sebesar 36%, 22,5% dan 22,3%.

Kelima grafik diatas menunjukkan bahwa intensitas tanaman padi I tertinggi adalah pada kondisi sebenarnya sedangkan hasil pengujian dengan *linear programming* intensitas tanaman padi I rendah. Hal tersebut dikarenakan jumlah ketersediaan debit berbeda. Pada kondisi sebenarnya debit air irigasi adalah debit sebenarnya, sedangkan pada pengujian dengan *linear programming* debit yang digunakan adalah debit andalan. Sehingga tidak hanya persentase intensitas tanaman saja yang berbeda, tetapi juga pola tanam yang diterapkan juga akan berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian dengan *linear programming* luas lahan padi I terkecil adalah pada awal tanam bulan Februari dan yang terbesar adalah pada awal tanam bulan Desember. Ketersedian debit melimpah pada bulan Desember, sehingga jenis tanaman yang dapat ditanam dalam 1 lahan lebih bervariasi.

Banyaknya air untuk keperluan irigasi bergantung pada intensitas curah hujan, sehingga menyebabkan jumlah ketersediaan air irigasi berubah-ubah. Oleh karena itu, untuk pengujian digunakan debit andalan, dimana debit andalan ini adalah debit yang pasti tersedia. Sehingga apabila menerapkan pola tanam hasil pengujian tidak akan mengalami kekurangan air untuk keperluan irigasi. Pola tanam yang sekarang diterapkan belumlah optimal karena terjadi kekurangan air irigasi pada petak sawah. Berdasarkan hasil pengujian dengan *linear programming*, maka alternatif pola tanam yang paling baik untuk diterapkan adalah padi – palawija – palawija dan tebu dengan awal tanam bulan Desember.

Berdasarkan hasil analisis, akan terjadi kelebihan air irigasi apabila menerapkan pola tanam hasil pengujian. Hal tersebut dikarenakan jumlah air setiap bulannya tidak sama, sehingga luas lahan yang dapat ditanami sesuai dengan ketersediaan air yang paling minimal selama masa tanamnya. Sehingga untuk mengatasi terjadinya kelebihan air irigasi maka perlu dilakukan pengujian dengan awal bulan tanam yang berbeda dalam 1 lahan.

Intensitas tanaman yang sempurna adalah 300% dalam 1 tahun, yaitu luas lahan yang ditanami setiap musimnya haruslah memenuhi seluruh baku sawah. Akan tetapi penerapan dilapang persentase intensitas tanaman yang mencapai 100% hanya pola tanam dengan awal bulan tanam November pada musim kemarau I, sedangkan yang lainnya tidak memenuhi 100%. Hal tersebut dikarenakan pada musim kemarau II dengan awal tanam bulan November ketersediaan air melimpah, sehingga lahan dapat ditanami secara keseluruhan. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi persentase intensitas tanaman antara lain:

1. Faktor teknis seperti keterbatasan air irigasi setiap bulannya dan bero
2. Faktor ekonomi seperti harga jual tanaman yang rendah tidak sesuai dengan biaya operasional yang tinggi
3. Faktor alam seperti perubahan cuaca dan iklim.

4.3.2 Analisis Hasil Pengujian Maksimasi Pendapatan Setiap Pola Tanam

Harga jual tanaman hasil pertanian nilainya akan selalu berubah-ubah. Hal tersebut dipengaruhi antara lain oleh semakin tingginya tingkat konsumsi manusia. Sehingga produk yang harus disediakan semakin banyak, padahal jumlah produk di petani terbatas, hal tersebut akan menyebabkan naiknya harga jual suatu produk. Selain itu kebijakan pemerintah untuk menaikkan pajak penjualan akan mempengaruhi banyaknya biaya operasional yang dikeluarkan oleh petani, sehingga petani akan menaikkan harga jual produknya dan harga pasarpun ikut naik.

Pada analisis pendapatan maksimal faktor yang berpengaruh adalah ketersediaan air setiap bulan, luas lahan yang ada, kebutuhan air setiap tanaman dan harga penjualan tanaman. Daftar harga jual produk pertanian dapat dilihat pada Lampiran K. Berdasarkan data hasil analisis dengan *linear programming*, didapatkan pola tanam dengan pendapatan maksimal pada saat harga jual rendah dan harga jual tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Pola Tanam Dengan Pendapatan Maksimal Pada Saat Harga Jual Rendah

Tanaman	Kondisi Sebenarnya		November		Desember		Januari		Februari	
	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)
1 Padi I	1978.00	17.290.489.200	0.00	0.00	1283.51	11219650000.00	918.84	8976921000.00	850.06	8523486000.00
2 Padi II	1704.00	17.962.034.400	208.58	2145033000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 Padi III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Palawija I	419.00	3.287.630.706	1060.96	8096355000.00	639.70	5019324000.00	667.80	5168422000.00	294.45	2354811000.00
5 Palawija II	2071.00	16.437.638.834	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Tembakau	3.00	57.115.980	356.04	8320728000.00	356.04	6778468000.00	356.04	11198780000.00	516.48	15155440000.00
7 Tebu	224.00	3.136.000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Jeruk	297.00	15.681.600.000	1414.46	74683690000.00	1400.49	73946000000.00	712.15	12533830000.00	364.96	6423254000.00
Total		70.892.509.120		93245800000.00		96963440000.00		37877950000.00		32456990000.00

Tabel 4.9 Pola Tanam Dengan Pendapatan Maksimal Pada Saat Harga Jual Tinggi

No	Tanaman	Kondisi Sebenarnya		November		Desember		Januari		Februari	
		Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)	Luas (Ha)	Pendapatan (Rp)
1	Padi I	1978.00	21.867.383.400	0.00	0.00	1283.51	11549640000.00	918.84	9213155000.00	850.06	8960588000.00
2	Padi II	1704.00	15.771.542.400	208.58	2252284000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Padi III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Palawija I	419.00	3.549.916.326	1060.96	8380320000.00	639.70	5190540000.00	667.80	5347158000.00	294.45	2512432000.00
5	Palawija II	2071.00	41.599.472.860	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Tembakau	3.00	105.000.000	356.04	8395354000.00	356.04	7151595000.00	356.04	11318180000.00	516.48	15516280000.00
7	Tebu	224.00	17.740.800.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Jeruk	297.00	23.522.400.000	1414.46	112025500000.00	1400.49	110919000000.00	712.15	31334570000.00	364.96	16058130000.00
	Total		124.156.514.986		131,053,500,000.00		134,810,800,000.00		57,213,060,000.00		43,047,440,000.00

Pada Tabel 4.8 dan 4.9 dapat diketahui bahwa dengan menerapkan pola tanam sebenarnya, pendapatan yang diterima oleh petani antara Rp 70.892.509.120 – Rp 124.156.514.986, sedangkan dengan menerapkan pola tanam hasil pengujian pendapatan tertinggi adalah untuk awal tanam bulan Desember yaitu antara Rp 93.245.800.000 – Rp 131.053.500.000. Pola tanam berdasarkan hasil pengujian yang dapat menghasilkan laba maksimum dengan batasan ketersediaan air dan luas lahan adalah padi – palawija I – tembakau dan jeruk

Pendapatan tertinggi adalah tanaman jeruk dan yang terendah adalah padi I. Hal tersebut dikarenakan harga jeruk setiap kwintal per hektarnya paling tinggi diantara tanaman lainnya yaitu antara Rp 17.600.000 – Rp 79.200.000, sedangkan tanaman padi harga setiap kwintal per hektarnya hanya Rp 8.741.400 – Rp 10.541.100.

Harga jual tanaman padi akan tinggi bila ditanam pada bulan Januari dan Februari, tanaman palawija akan tinggi nilai jualnya apabila ditanam pada bulan Oktober. Harga jual tanaman tembakau akan tinggi jika awal penanaman pada bulan September dan Oktober, tanaman jeruk harga jualnya akan tinggi apabila ditanam pada bulan November dan Desember, sedangkan tanaman tebu harganya konstan. Karena harga jual dan luas lahan tanaman jeruk tinggi pada bulan November dan Desember, maka hal tersebut akan sangat mempengaruhi banyaknya pendapatan.

Pola tanam yang paling baik diterapkan adalah padi – palawija I – tembakau dan jeruk dengan awal tanam bulan Desember. Sedangkan dengan menerapkan pola tanam sebenarnya, tidak akan didapatkan keuntungan yang paling maksimal.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata kebutuhan air irigasi setiap hektar sawah pada Saluran Primer Utara Daerah irigasi Bedadung adalah:
 - a. Petak sawah sebesar 0,86 l/detik/Ha
 - b. Saluran Tersier sebesar 1,22 l/detik/Ha
 - c. Saluran Sekunder sebesar 1,52 l/detik/Ha
 - d. Saluran Primer sebesar 1,69 l/detik/Ha.
2. Pola tanam yang diterapkan di saluran primer utara belumlah optimal, karena terjadi kekurangan air irigasi. Dengan analisis *linear programming* didapatkan pola tanam yang paling baik diterapkan yaitu padi – palawija – palawija – tebu dengan awal bulan tanam Desember.
3. Pola tanam yang menghasilkan pendapatan maksimal dan paling baik diterapkan adalah padi – palawija – tembakau – jeruk dengan awal bulan tanam Desember.

5.2 Saran

1. Untuk mengatasi kelebihan air maka perlu dilakukan kombinasi awal bulan tanam pada 1 lahan dalam 1 musim (sistem golongan).
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kombinasi pola tanam yang dapat menghasilkan laba maksimal setelah dikurangkan dengan biaya operasaional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. *Petunjuk Praktikum Irigasi dan Drainase*. Fakultas Teknologi Pertanian UNEJ. Jember.
- Anonim. 1986. *Standard Perencanaan Irigasi*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Pengairan. Bandung.
- Anonim. 2006. *Artikel Harga Jual Tembakau Na Oogst*
<http://www.media-indonesia.com/berita.asp?id=142990>
- Arsad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor
- Ernanda, H. 1989. *Optimasi Pola Tanam Dengan Linear Programming (Studi Kasus Di Daerah Irigasi Segitiga Jatiroto)*. Lembaga Penelitian Universitas Jember. Jember.
- Hansen, Vaughn. B. 1992. *Dasar-Dasar dan Praktek Irigasi*. Erlangga. Jakarta..
- Hernanto. 1996. *Ilmu Usahatani*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Kartasapoetra dan M, Mulyani. 1990. *Teknologi Pengairan Pertanian (Irigasi)*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Linsley, Ray. K. Jr. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Erlangga. Jakarta.
- Najiati, S dan Danarti. 1991. *Petunjuk Mengairi Dan Menyiram Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pasandaran, Effendi.1991. *Irigasi di Indonesia*. LP3ES. Jakarta.
- Setyabudi, Dondy dan Setyadjit. 2007. Artikel Panen Jeruk.
<http://www.garut.go.id/static/khas/produk/jeruk.php>
- Setyobudi, Bambang. - . *Dasar-dasar Ilmu Tanah (Fisika Tanah dan Air Tanah)*. Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Siar. 2006. *Artikel Manis dan Pahitnya Petani Tebu*.
<http://www.indonext.com/report/report332.html>

- Siregar, Astri. 2005. *Artikel Produktivitas Jeruk*.
<http://www.siar.or.id/Default.asp?content=feature&id=1476.html>
- Soekartawi, Dr. 1992. *Linear Programming Teori dan Aplikasi Khususnya dalam Bidang Pertanian*. Rajawali. Jakarta.
- Soemadihardjo, Idha Haryanto. Dr. Ir. 1990. *Linear Programming Penerapannya untuk Alokasi Optimum Penggunaan Lahan di Wilayah Penghasil Padi dan Tebu*. Universitas Negeri Jember. Jember.
- Soesanto, Budi dan Heru Ernanda. 1991. *Pengantar Hidrologi*. Fakultas Pertanian UNEJ. Jember.
- Walpole, R.E. 1995. *Pengantar Statistika*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wilson, E. M. 1993. *Hidrologi Teknik*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.