



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS141501

OPTIMASI PEMANFAATAN IRIGASI UNTUK POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GOAL PROGRAMMING* (STUDI KASUS DAERAH IRIGASI PARIT LOMPATEN)

OPTIMIZATION OF IRRIGATION UTILIZATION FOR CROPPING PATTERN IN IRRIGATION AREA USING GOAL PROGRAMMING METHOD (CASE STUDY PARIT LOMPATEN IRRIGATION AREA)

YESSY CHINTAMI EVARANI
5213 100 009

Dosen Pembimbing
Edwin Riksakomara, S.Kom., MT.

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS141501

**OPTIMASI PEMANFAATAN IRIGASI UNTUK
POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI DENGAN
MENGUNAKAN METODE GOAL
PROGRAMMING (STUDI KASUS DAERAH
IRIGASI PARIT LOMPATEN)**

**YESSY CHINTAMI EVARANI
5213 100 009**

**Dosen Pembimbing
Edwin Riksakomara, S.Kom., MT.**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS141501

***OPTIMIZATION OF IRRIGATION
UTILIZATION FOR CROPPING PATTERN IN
IRRIGATION AREA USING GOAL
PROGRAMMING METHOD (CASE STUDY
PARIT LOMPATEN IRRIGATION AREA)***

**YESSY CHINTAMI EVARANI
5213 100 009**

**Dosen Pembimbing
Edwin Riksakomara, S.Kom., MT.**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PEMANFAATAN IRIGASI UNTUK
POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GOAL
PROGRAMMING* (STUDI KASUS DAERAH
IRIGASI PARIT LOMPATEN)**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

YESSY CHINTAMI EVARANI

NRP. 5213 100 009

Surabaya, Juli 2017

**KEPALA
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**

Dr. Ir. Aris Tjahvanto, M.Kom.

NIP 19650310 199102 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMASI PEMANFAATAN IRIGASI UNTUK
POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GOAL
PROGRAMMING* (STUDI KASUS DAERAH
IRIGASI PARIT LOMPATEN)**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

YESSY CHINTAMI EVARANI
NRP. 5213 100 009

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.

(Pembimbing I)

Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

(Penguji I)

Faizal Mahananto S.Kom, M.Eng., Ph.D.

(Penguji II)

**OPTIMASI PEMANFAATAN IRIGASI UNTUK POLA
TANAM PADA DAERAH IRIGASI DENGAN
MENGUNAKAN METODE *GOAL PROGRAMMING*
(STUDI KASUS DAERAH IRIGASI PARIT
LOMPATEN)**

Nama Mahasiswa : YESSY CHINTAMI EVARANI
NRP : 5213 100 009
Departemen : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Dosen Pembimbing : Edwin Riksakomara, S.Kom., MT.

ABSTRAK

Daerah Irigasi Parit Lompaten berada di Kabupaten Karo Sumatera Utara yang melewati dua Kecamatan yaitu Kecamatan Tigabinanga dan Kecamatan Juhar dengan luas daerah irigasi 1265 Ha. Sumber air irigasi berasal dari sungai lau bengap dan sungai penggayon. Jenis tanaman yang terdapat pada Daerah Irigasi ini terdiri dari padi dan tanaman palawija dengan pola tanam Padi I – Palawija – Padi II.

Dalam pengoprasian Daerah Irigasi ini sering terjadi perubahan musim yang tidak teratur maka jumlah air yang ada mengalami kendala. Dimana hal tersebut dapat menyebabkan persebaran air irigasi tidak memenuhi kebutuhan tanam di daerah tersebut. Dikarenakan cuaca merupakan hal yang tidak bisa diatur dan ditentukan maka diperlukan analisa optimasi terhadap pola tanam yang ada di daerah irigasi tersebut. Untuk mengetahui maksimal keuntungan yang dihasilkan oleh pola tanam dan mengefesiesikan penjatahan air di daerah irigasi yang paling optimal.

Oleh karena itu diperlukan analisa optimasi terhadap pola tanam terbaik agar dapat memberikan keuntungan maksimal terhadap hasil tani dan minimum kebutuhan air yang diperlukan untuk seluruh daerah irigasi menggunakan model Goal Programming. Selain itu diperlukan analisa terhadap biaya tenaga kerja dan biaya pupuk yang dibutuhkan pada daerah irigasi. Hasil optimasi tersebut diharapkan dapat memberikan manfaat bagi PSDA Kabupaten Karo Sumatera Utara untuk menentukan lahan yang tepat untuk ditanam yang bertujuan untuk meminimalkan kebutuhan air, meningkatkan keuntungan, meminimalkan biaya tenaga kerja dan meminimalkan biaya pupuk yang digunakan. Dari hasil optimasi didapatkan lahan yang tepat untuk ditanami dengan kebutuhan air sebesar 816228,7m³. Keuntungan tanaman padi sebesar Rp. 8.871.046.183 dan keuntungan tanaman palawija sebesar Rp. 5.424.219.090. Biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk tanaman padi sebesar Rp. 11.500.623.553 dan untuk tanaman palawija sebesar Rp. 4.853.048.921. Biaya kebutuhan pupuk untuk tanaman padi sebesar Rp. 4.580.801.212 dan untuk tanaman palawija sebesar Rp. 2.568.564.917.

Kata kunci : Optimasi, Kebutuhan Air, Irigasi, Pola Tanam, Goal Programming

**OPTIMIZATION OF IRRIGATION UTILIZATION
FOR CROPPING PATTERN IN IRRIGATION AREA
USING GOAL PROGRAMMING METHOD
(CASE STUDY PARIT LOMPATEN
IRRIGATION AREA)**

Name : YESSY CHINTAMI EVARANI
NRP : 5213 100 009
Department : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Supervisor : Edwin Riksakomara, S.Kom., MT.

ABSTRACT

The Parit Lompaten Irrigation Area is located in karo regency of North Sumatera which passes two subdistricts namely Tigabinanga and Juhar subdistricts with an area of irrigation 1265 Ha. Irrigation water source from the lau bengap river and penggayon river. Types of plants that exist in this Irrigation Area consists of paddy and palawija with crops pattern Padi I - Palawija - Padi II.

In operating the Irrigation Area this often happens irregular seasonal changes then impact the amount of water is experiencing obstacles. Where it can cause the distribution of water irrigation does not meet the needs of plant in the area. Due to the weather is unreliable and determined it is necessary to optimize the analysis of existing cropping pattern in the irrigation area. To find out the maximum profit produced by the cropping pattern and efficient allocation water in the most optimal irrigation area.

Therefore, an optimization analysis of the best cropping pattern is required in order to give maximum benefit to the farm result and minimum water requirement for all irrigation area using Goal Programming model. In addition, an analysis

of labor costs and fertilizer costs are required in the irrigation area. The optimization results are expected to provide benefits for the PSDA of Karo District of North Sumatra to determine the right land for planting that aims to minimize water requirements, increase profits, minimize labor costs and minimize the cost of fertilizer used. From the optimization results obtained the right land to be planted with water requirement of 816228,7m³. The profit of paddy plant is Rp. 8.871.046.183 and palawija crop profit of Rp. 5.424.219.090. The labor cost required for rice crops is Rp. 11.500.623.553 and for palawija of Rp. 4.853.048.921. The cost of fertilizer for paddy plants is Rp. 4.580.801.212 and for palawija of Rp. 2.568.564.917.

Keyword : Optimization, Water Required, Irrigation, Crop Pattern, Goal Programming

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ungkapkan kepada Tuhan YME atas berkat, karunia, kekuatan dan rahmatnya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul : **“Optimasi Pemanfaatan Irigasi Untuk Pola Tanam Pada Daerah Irigasi Dengan Menggunakan Metode *Goal Programming* (Studi Kasus Daerah Irigasi Parit Lompaten)”**

Yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terimakasih atas pihak-pihak yang telah mendukung, memberikan motivasi, saran, semangat dan bantuan baik materi maupun spiritual demi kelancaran tercapainya tugas akhir ini. Secara khusus penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberi segala kekuatan, dan kepercayaan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa.
3. Bapak Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Achmad Holil Noor Ali M.Kom selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Ibu Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom dan Bapak Faizal Mahananto, S.Kom., M.Eng. selaku dosen penguji penulis

yang selalu memberikan masukan untuk meningkatkan kualitas tugas akhir penulis.

6. Teman seperjuangan penulis Tascha, Dina, Emanuella dan Patricia yang telah membantu penulis di perantauan.
7. Teman teman Lab RDIB yang telah membantu memberikan dukungan dan informasi kepada penulis.
8. Rekan-rekan BELTRANIS yang telah berjuang bersama di kampus perjuangan di Jurusan Sistem Informasi. Terimakasih atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan.
9. Serta untuk semua pihak yang membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan belum disebutkan satu per satu.

Melalui kata pengantar ini penulis meminta maaf apabila masih ada banyak kekurangan pada Tugas Akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Untuk itu penulis menerima adanya kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Melalui kata pengantar ini penulis meminta maaf apabila masih ada banyak kekurangan pada Tugas Akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Untuk itu penulis menerima adanya kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SKRIP	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Relevansi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Studi Sebelumnya.....	5
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. Optimasi	8
2.2.2. Irigasi.....	8
2.2.3. Analisa Hidrologi	8
2.2.4. Goal Programming	12
2.2.5. Aplikasi LINGO.....	14
BAB III METODOLOGI.....	17

3.1.	Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir.....	17
3.1.1.	Identifikasi Masalah	18
3.1.2.	Studi Literatur.....	18
3.1.3.	Pengumpulan Data.....	18
3.1.4.	Merancang Model Optimasi	19
3.1.5.	Optimasi	19
3.1.6.	Analisis dan Interpretasi Data.....	19
3.1.7.	Penarikan Kesimpulan dan Saran	20
3.1.8.	Penyusunan Buku Tugas Akhir	20
BAB IV PERANCANGAN.....		23
4.1.	Pengumpulan dan Deskripsi Data.....	23
4.2	Analisa Hidrologi	25
4.2.1	Debit Andalan	25
4.2.2.	Evapotranspirasi Potensial	30
4.3.	Kebutuhan air untuk irigasi	30
4.3.1	Curah Hujan Efektif.....	30
4.3.2	Evapotranspirasi.....	31
4.3.3	Perkolasi.....	31
4.3.4	Pengolahan Tanah dan Penyiapan Lahan	31
4.3.5	Koefisien tanaman	32
4.3.6	Efisiensi Irigasi	32
4. 4.	Analisa Hasil Usaha Tani.....	37
4.5	Formulasi Data	44
4.5.1.	Formulasi <i>Linear Programming</i>	44
4.5.2.	Formulasi Goal Programming.....	48
4.5.3.	Perumusan Batasan <i>Goal Programming</i>	59

BAB V IMPLEMENTASI.....	65
5.1. Penyelesaian Model dengan Lingo	65
5.2.1. Menentukan Fungsi Tujuan.....	65
5.2.2. Memasukkan Batasan.....	65
5.2.3. Menjalankan Fungsi Optimasi.....	71
BAB VI ANALISIS DAN PEMBAHASAN	73
6.1. Lingkungan Uji Coba.....	73
6.2. Verifikasi Model	74
6.3. Validasi Model.....	78
6.4. Uji Coba Model Optimasi	83
6.5. Analisa Hasil	84
6.5.1. Analisa Hasil Lingo.....	84
6.5.2. Analisa Hasil Uji Coba.....	85
6.5.3. Analisa Hasil Uji Coba Perubahan Prioritas ..	88
6.6. Rangkuman Analisa	91
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	93
7.1. Kesimpulan	93
7.2. Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95
BIODATA PENULIS	97
LAMPIRAN A	99
LAMPIRAN B	101
LAMPIRAN C	106
LAMPIRAN D.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Sebelumnya	5
Tabel 4. 1 Luas Bangunan BPL.....	24
Tabel 4. 2 Perhitungan Debit Andalan 10 Tahun	26
Tabel 4. 3 Ranking Debit Andalan	28
Tabel 4. 4 Perhitungan Volume Andalan Setiap Bulan.....	29
Tabel 4. 5 Rekap Perhitungan Volume Andalan Tiap Musim	29
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pada Tanaman Padi.....	32
Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Pada Tanaman Palawija.....	34
Tabel 4. 8 Rekap Kebutuhan Air	36
Tabel 4. 9 Biaya Kebutuhan Pupuk Tanaman Padi	37
Tabel 4. 10 Biaya Kebutuhan Pupuk Tanaman Palawija	38
Tabel 4. 11 Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Tanaman Padi...	39
Tabel 4. 12 Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Tanaman Palawija	39
Tabel 4. 13 Pendapatan Bersih Tanaman Padi	40
Tabel 4. 14 Pendapatan Bersih Tanaman Palawija.....	40
Tabel 4. 15 Rekap Biaya Kebutuhan Produksi.....	41
Tabel 4. 16 Perhitungan Pendapatan Bersih Padi dan Palawija	41
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja	42
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Biaya Kebutuhan Pupuk	43
Tabel 6. 1. Spesifikasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras yang Digunakan Dalam Aplikasi Model	73
Tabel 6. 2. Daftar Perangkat Lunak yang Digunakan Dalam Uji Coba Model	74

Tabel 6. 3. Hasil Model-1.....	76
Tabel 6. 4. Hasil Model-2.....	77
Tabel 6. 5. Rekap Hasil Perhitungan Lingo pada Tanaman Padi.....	78
Tabel 6. 6. Rekap Hasil Perhitungan Lingo pada Tanaman Palawija.....	79
Tabel 6. 7. Validasi Model Pada Batasan.....	80
Tabel 6. 8. Analisa Hasil Lingo.....	84
Tabel 6. 9. Pemberian Prioritas Pada Skenario 1	86
Tabel 6. 10. Hasil Pemberian Prioritas Pada Skenario 1	86
Tabel 6. 11. Pemberian Prioritas Pada Skenario 2	87
Tabel 6. 12. Hasil Pemberian Prioritas Pada Skenario 2	87
Tabel 6. 14. Uji Coba Perubahan Prioritas	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. User Interface Aplikasi LINGO.....	15
Gambar 3. 1. Skema Jaringan Parit Lompaten	23
Gambar 5. 1. Menjalankan Fungsi Optimasi	71
Gambar 6. 1. Verifikasi Model LINGO	75

DAFTAR SKRIP

Skrif 5. 1. Memasukkan Fungsi Tujuan Goal Programming	65
Skrif 5. 2. Memasukkan Batasan Total Lahan	66
Skrif 5. 3. Memasukkan Batasan Tujuan Kebutuhan Air	66
Skrif 5. 4. Batasan Luas Lahan per Musim	67
Skrif 5. 5. Batasan Kebutuhan Air per Musim	68
Skrif 5. 6. Batasan Luasan per Bangunan BPL	69
Skrif 5. 7. Batasan Tujuan Keuntungan Tanaman Padi dan Tanaman Palawija	69
Skrif 5. 8. Batasan Tujuan Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Tanaman Padi dan Tanaman Palawija	70
Skrif 5. 9. Batasan Tujuan Biaya Kebutuhan Pupuk Tanaman Padi dan Tanaman Palawija	70

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan membahas terkait latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan relevansi terhadap pengerjaan tugas akhir.

1.1. Latar Belakang

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menunjang pembangunan pertanian adalah melalui pembangunan irigasi. Ketersediaan air merupakan unsur pokok bagi pertumbuhan tanaman, dan juga salah satu faktor terpenting bagi peningkatan produksi pangan dalam bidang pertanian (irigasi) khususnya. Penentuan banyaknya air yang dibutuhkan oleh tanaman perlu diketahui dengan pasti secara baik. Maka dari itu penggunaan air irigasi selayaknya dilakukan secara efektif dan efisien. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan air antara lain, cara pemberian air, banyaknya hujan yang turun, waktu penanaman, pengelolaan tanah, pengaturan pola tanam, dan cara pengelolaan serta pemeliharaan saluran dan bangunan yang ada [1].

Daerah Irigasi Parit Lompaten memiliki luas 1.250 Ha yang berada di wilayah Kabupaten Karo yang meliputi dua kecamatan, yaitu Kecamatan Juhar dan Kecamatan Tigabinanga di Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara dengan meliputi desa-desa yaitu: Desa Suka Babo, Desa Batu Mamak, Desa Kuta Gugung, Desa Keriahen Desa Kuta Mbelin, Desa Pergendangen Kecamatan Juhar serta Desa Kuta Galuh dan Kendit Kenderan Kecamatan Tigabinanga [2].

Jenis tanaman yang ada pada daerah irigasi ini terdiri dari padi dan tanaman palawija. Rencana pola tanam selama musim tanam pada umumnya adalah padi, sedang pada musim kering adalah palawija. Akan tetapi bila persediaan air tidak mencukupi walaupun musim hujan, maka bisa dibuat alternatif penanaman palawija di musim tersebut. Untuk hal tersebut,

maka dibuat berbagai alternatif pola tanam agar didapat pola tanam yang sesuai dengan kondisi lahan.

Ketersediaan sumber daya air dan lahan pertanian berpotensi semakin langka dan terbatas. Kondisi sumberdaya air yang terbatas, sementara kebutuhan akan air untuk berbagai kepentingan terus meningkat, menyebabkan permintaan terhadap air semakin kompetitif. Pengelolaan daerah pengairan merupakan upaya untuk mendistribusikan air secara adil dan merata.

Dalam pengoprasian Daerah Irigasi Parit Lompaten ini telah mengalami perubahan kondisi. Pengaliran air dari sumber air tidak memenuhi seluruh daerah yang membutuhkan air. Hal tersebut disebabkan oleh faktor pembagian air yang kurang proporsional mengakibatkan kekurangan air terutama pada saluran-saluran sekunder yang berada paling ujung. Selain itu cuaca yang terjadi pada periode tertentu yang menyebabkan penyebaran air terhambat [3].

Sehubungan dengan permasalahan yang ada maka dilakukan optimasi terhadap pola tanam yang ada dan jumlah air yang dibutuhkan dengan menggunakan *Goal Programming* dengan bantuan aplikasi LINGO 11.0 agar dapat mengetahui keuntungan maksimal yang didapatkan dari hasil tani, biaya tenaga kerja, biaya pupuk dan kebutuhan air minimum untuk seluruh petak irigasi.

1.2. Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan metode Goal Programming dapat memberikan solusi untuk mencapai tujuan dalam meminimalkan kebutuhan air, memaksimalkan keuntungan, meminimalkan biaya tenaga kerja dan meminimalkan biaya kebutuhan pupuk?
2. Bagaimana hasil analisis perbandingan hasil perencanaan pola tanam berdasarkan model yang telah didapat ?

1.2. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menemukan lahan yang tepat untuk ditanam dengan menerapkan metode Goal Programming yang dapat memberikan solusi untuk mencapai tujuan meminimalkan kebutuhan air, memaksimalkan keuntungan, meminimalkan biaya tenaga kerja dan meminimalkan biaya kebutuhan pupuk.

1.3. Batasan Masalah

Ruang Lingkup dalam mengerjakan Tugas Akhir ini terdiri dari batasan masalah dan asumsi. Berikut batasan masalah yang ada dalam pengerjaan Tugas Akhir ini :

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Dinas Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) Kabupaten Karo Sumatera Utara. Dimana lokasi daerah irigasi terdapat di kecamatan Tiga Binanga dan kecamatan Juhar kabupaten Tanah Karo, Sumatera Utara.
2. Penelitian ini mencakup perhitungan debit andalan dari data debit Sungai.
3. Penelitian ini mencakup perhitungan debit andalan dari data debit daerah irigasi parit lompaten dengan peluang keandalan 80%.
4. Pada penelitian ini diasumsikan memiliki 3 musim yaitu:
Musim Hujan : September – Desember
Musim Kemarau I : Januari – April
Musim Kemarau II : Mei – Agustus

1.4. Manfaat

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Sebagai rekomendasi perbaikan bagi instansi terkait yang menangani pengelolaan sumber daya air dan pengembangan irigasi di Daerah Irigasi Parit Lompaten.
2. Sebagai bahan referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.5. Relevansi

Topik ini layak dijadikan tugas akhir dikarenakan sesuai dengan Laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis yang ada pada departemen Sistem Informasi. Mata kuliah yang terkait berupa Riset Operasi Lanjut dan mata kuliah Sistem Pendukung Keputusan. Topik ini diangkat untuk menyelesaikan studi kasus yang nyata sehingga layak dijadikan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Sebelumnya

Pada sub-bab ini akan dijelaskan tentang penelitian terkait yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir pada Tabel 1. Studi Sebelumnya.

Tabel 2. 1 Studi Sebelumnya

Penelitian	Juan Talitha	Maulana & Fachurrozo, E.	Rizal Fahmi Yuwafiki	Kholivia Desi Ekasari
Jurusan	Teknik Sipil ITS	Teknik Infomatika ITS	Teknik Industri ITS	Manajemen Aset-S2 ITS
Tahun	2010	2008	2013	2014
Judul	Studi Optimasi Pola Tanam pada Daerah Irigasi Jatiroto dengan menggunakan Program Linear	Optimasi Irigasi Sawah Menggunakan Algoritma Genetik	Optimasi Air irigasi dengan Sistem Informasi GIS dan Pendekatan Model <i>Linear Programming</i>	Optimasi Pemanfaatan waduk bening untuk irigasi dengan <i>goal programming</i>
Rumusan Masalah	Daerah Irigasi Jatiroto telah mengalami banyak perubahan kondisi dan	Saluran Irigasi sawah merupakan kasus khusus dari GMST (Ada sumber air dan satu node dapat berada pada	Menentukan kebutuhan air irigasi optimal dengan pemetaan jaringan irigasi dan	Pada musim kemarau air yang ada pada waduk kurang dapat melayani

	penurunan fungsi.	lebih dari satu cluster)	model optimasi pemberian air irigasi	kebutuhan air irigasi sampai ke hilir sehingga kebutuhan air irigasi dihilir didukung oleh air tanah yang didapat dari sumur-sumur pompa
Tujuan	Mengetahui i besar debit andalan dari sungai jatiroto yang tersedia untuk irigasi.	Minimasi jumlah saluran irigasi sawah dan minimum panjang total saluran irigasi sawah yang bisa mengalir semua petak sawah	Mengetahui i efisiensi air irigasi dengan debit air optimal	Menentukan besar kebutuhan air irigasi pada tiap-tiap alternatif pola tanam
	Mengetahui i besar kebutuhan air irigasi untuk masing-masing jenis tanaman yang direncanakan.		Mengetahui i biaya air per satuan waktu	Menentukan debit andalan waduk bening dan sistem sungainya yang dapat digunakan untuk irigasi.
	Mengetahui i besarnya luasan		Mengetahui i pola sebaran air	Memperoleh luas areal dan

	tanam dari tiap-tiap alternatif awal tanam.		irigasi di bangunan sadap dan bagi sadap di daerah irigasi lodagung	keuntungan maksimal dari hasil optimasi dengan <i>Linear Programming</i> berdasarkan alternatif awal tanam terbaik.
	Mengetahui keuntungan maksimum dari hasil optimasi pola tanam.			Tercapainya sasaran/target dari program pemerintah dari hasil optimasi dengan <i>Goal Programming</i>
Metode	<i>Linear Programming</i>	<i>Generic Algorithm(GA)</i>	<i>ArchView GIS 3.3</i>	<i>Linear Programming</i>
			<i>Linear Programming</i>	<i>Goal Programming</i>
			<i>Ms. Visual Basic</i>	<i>ing</i>

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Optimasi

Secara umum optimasi berarti pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Optimasi juga dapat berarti upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi. Secara matematis optimasi adalah cara mendapatkan harga ekstrim baik maksimum atau minimum dari suatu fungsi tertentu dengan faktor-faktor pembatasnya. Jika persoalan yang akan diselesaikan dicari nilai maksimumnya, maka keputusannya berupa maksimasi [4].

2.2.2. Irigasi

Irigasi ialah usaha untuk memperoleh air yang menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk keperluan penunjang produksi pertanian. Dalam sejarah irigasi di Indonesia pada laporan Pemerinta Belanda, irigasi ialah secara teknis menyalurkan air melalui saluran-saluran pembawa ke tanah pertanian dan setelah air tersebut diambil manfaat sebesar-besarnya menyalurkan ke saluran-saluran pembuangan terus ke sungai [5].

2.2.3. Analisa Hidrologi

2.2.1.1. Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit dari suatu sumber air yang diharapkan dapat disadap untuk keperluan irigasi. Misalnya ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% [6]. Debit andalan dihitung berdasarkan data yang tersedia ialah data debit Parit Lompaten dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2007.

2.2.1.2. Analisa Klimatologi

Evapotranspirasi adalah peristiwa evaporasi dan transpirasi yang terjadi bersama-sama [7]. Evapotranspirasi sering juga disebut sebagai kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman. Iklim mempunyai peranan penting dalam penentuan karakteristik tersebut. Potensial dapat dihitung dengan menggunakan metode Penman modifikasi FAO [8].

2.2.1.3. Analisa Kebutuhan Air untuk Irigasi

Kebutuhan air irigasi ialah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto kebutuhan air lapang (*Net Field Requirement, NFR*)

Kebutuhan air di sawah ditentukan oleh faktor-faktor berikut [9] :

- 1) Curah Hujan Efektif
 - a) Curah hujan rata-rata

Curah hujan yang diperlukan untuk penggunaan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir ialah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut hujan wilayah dan dinyatakan dalam mm. Curah hujan daerah ini harus diperkirakan dari beberapa titik hujan.

b) Curah hujan efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan efektif ini dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perlokasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman. Besar curah hujan yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air, sehingga dapat memperkecil debit yang diperlukan dari pintu pengambilan. Perlu juga diperhitungkan pengambilan air hujan yang efektif karena tidak sepenuhnya air hujan dimanfaatkan.

2) Perencanaan golongan

Untuk mengurangi kebutuhan air yang memuncak maka areal irigasi harus dibagi menjadi sekurang-kurangnya tiga atau empat golongan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan luas tanam maksimal dari debit yang tersedia. Langkah ini ditempuh dengan alasan tidak mencukupinya jumlah kebutuhan air apabila dilakukan penanaman secara serentak atau bisa juga dengan asumsi apabila tidak turunnya hujan untuk beberapa periode ke depan. Termasuk keterbatasan air dari sumber daya manusianya maupun bangunan pelengkap.

3) Perkolasi

Perkolasi adalah proses mengalirnya air ke bawah secara gravitasi dari suatu lapisan tanah ke lapisan di bawahnya, sehingga mencapai permukaan air tanah pada lapisan jenuh air. Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat-sifat tanah. Dari hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya.

4) Kebutuhan Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air pada suatu proyek irigasi. Faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah :

- (a) Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan
- (b) Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

5) Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman

Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik.

6) Pergantian lapisan air(Water Layer Requirement)

- (a) Usahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan setelah pemupukan.
- (b) Apabila tidak ada penjadwakan, lakukan penggantian sebanyak 2kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

Setelah meninjau kebutuhan air untuk irigasi maka dilakukan tinjauan umum yang juga ikut mempengaruhi besarnya kebutuhan air meliputi pola tanam, perencanaan golongan tanaman, perkolasi, koefisien tanaman, efisiensi irigasi.

2. Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan evapotranspirasi (Eto) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (Etc) dan dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus proyek irigasi di daerah irigasi.

3. Efisiensi Irigasi

Efisiensi merupakan persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Efisiensi irigasi memperhitungkan kehilangan air yang terjadi dalam perjalanannya menuju petak sawah. Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalanannya dari saluran primer, sekunder hingga tersier.

2.2.4. Goal Programming

Model *Goal Programming* merupakan perluasan dari model *Linear Programming*, sehingga seluruh asumsi, notasi, formulasi model matematis, prosedur perumusan model dan penyelesaiannya tidak berbeda. Perbedaan hanya terletak pada kehadiran sepasang variabel deviasional (di- dan di+) yang muncul di fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala. Oleh karena itu, konsep dasar pemograman linear akan selalu melandasi pembahasan model *Goal Programming* [10]. *Goal Programming* mampu menyelesaikan masalah optimasi yang memiliki fungsi tujuan lebih dari satu dengan memberikan variabel deviasi pada tiap batasan tujuan yang ada [11].

Berikut adalah istilah-istilah yang sering digunakan dalam Goal Programming :

1. Variabel keputusan yaitu seperangkat variabel yang tidak diketahui yang akan dicari nilainya.
2. Nilai sisi kanan(Right Hand Side) yang biasanya menunjukkan nilai ketersediaan sumber daya yang akan ditentukan kekurangan atau kelebihan penggunaannya..
3. Fungsi Tujuan(Goal) adalah keinginan untuk meminimumkan angka penyimpangan dari suatu nilai RHS pada suatu goal constraint tertentu.
4. Kendala tujuan (Goal Constraint) merupakan sinonim dari istilah goal equation, yaitu suatu tujuan yang diekspresikan dalam persamaan matematika yang memasukkan variabel simpangan.
5. Variabel simpangan (Deviantional Variables) adalah variabel-variabel yang menunjukkan kemungkinan penyimpangan negatif atau positif dari suatu nilai RHS kendala tujuan. Variabel-variabel ini serupa dengan slack variabel dalam Linear Programming.
6. Preemptive priority factor yaitu sistem urutan yang menunjukkan banyaknya tujuan dalam model yang memungkinkan goals disusun secara ordinal dalam model Linear Goal Programming.

7. Bobot (Differential Weight) merupakan bobot yang diekspresikan dengan angka kardinal dan digunakan untuk membedakan variabel simpangan didalam suatu tingkat prioritas.

2.2.4.1. Model Umum GP

Bentuk umum dari *Goal Programming* dengan faktor prioritas di dalam strukturnya adalah sebagai berikut [12]:

- Fungsi Tujuan

$$Z_{\max/\min} = \sum_{i=1}^m (P_{oi} W_i^+ d_i^+ + P_{ui} W_i^- d_i^-)$$

- Batasan Tujuan

$$\sum_j^n (a_{ij} x_j) + d_i^- - d_i^+ = b_i \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan :

- x_j : Variabel keputusan
- b_i : Batasan tujuan
- a_{ij} : Koefisien batasan tujuan
- d_i^- : Variabel deviasi yang mempresentasikan tingkat pencapaian dibawah target
- d_i^+ : Variabel deviasi yang mempresentasikan tingkat pencapaian diatas target
- P_{ui} : Prioritas yang terkait dengan d_i^-
- P_{oi} : Prioritas yang terkait dengan d_i^+

2.2.4.2. Kelebihan dan Kekurangan Goal Programming

Secara umum kelebihan Goal Programming adalah [13]:

1. Setiap tujuan direpresentasikan dalam model
2. Semua tujuan dapat dimasukkan dalam model

14

3. Pengambil keputusan didorong untuk mengestimasi level aspirasi tujuan-tujuan dalam model. Hal ini memberikan pertimbangan lebih mendalam dalam penyusunan model
4. Pendekatan ini dapat diaplikasikan dalam lingkup permasalahan yang penting dan praktis termasuk perkiraan dan pengujian suatu kurva, pengenalan, dan klasifikasi pola, dan analisa kluster.

Beberapa kelemahan yang dimiliki oleh goal programming [13] :

1. Perlu waktu lebih untuk membentuk model
2. Keterlibatan pengambilan keputusan lebih banyak berkaitan dengan penetapan level aspirasi, prioritas bobot.
3. Pertimbangan yang sifatnya subyektif terhadap penetapan prioritas dan bobot.

2.2.5. Aplikasi LINGO

Lingo merupakan program komputer yang digunakan untuk aplikasi pemrograman linier. Aplikasi LINGO merupakan alat komprehensif yang dirancang untuk membuat dan memecahkan model optimasi matematika menjadi lebih mudah dan lebih efisien. Lingo adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pemrograman linear, non-linear dan integer. Lingo sudah banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan untuk membantu membuat perencanaan produksi yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan yang optimum dan biaya yang minimum. Selain itu, LINGO juga digunakan dalam pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi, transportasi, keuangan, alokasi saham, penjadwalan, inventarisasi, pengaturan model, alokasi daya dan lain-lain.

LINGO telah menjadi software optimasi selama lebih dari 20 tahun. Sistem LINGO telah menjadi pilihan utama dalam penyelesaian yang cepat dan mudah, terutama dalam masalah optimasi persamaan matematika. Selain itu struktur bahasa yang digunakan dalam memformulasikan masalahnya sederhana, yaitu persamaan linier. Untuk menggunakan software

LINGO ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan, yaitu [14]:

1. Merumuskan masalah dalam kerangka program linier.
2. Menuliskan dalam persamaan matematika.
3. Merumuskan rumusan ke dalam LINGO dan mengeksekusinya.
4. Interpretasi keluaran LINGO.

Gambar 2. 1. adalah user interface pada aplikasi LINGO.



Gambar 2. 1. User Interface Aplikasi LINGO

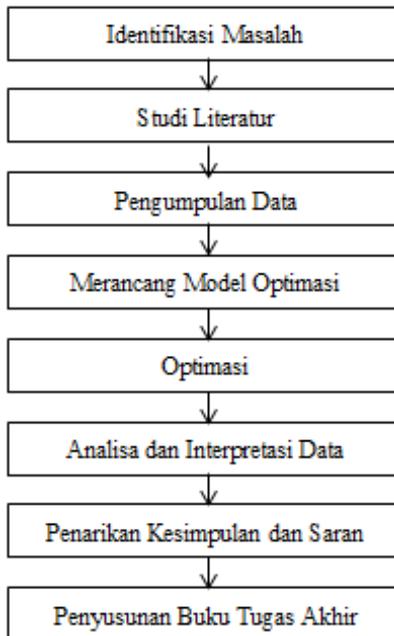
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini menjelaskan proses pengerjaan yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini disertakan deskripsi dari setiap penjelasan untuk masing-masing tahapan pengerjaan beserta jadwal kegiatan pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.1. Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Pada bagian ini menjelaskan mengenai tahapan pengerjaan Tugas Akhir beserta metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Metodologi pengerjaan tugas akhir ini dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 3.1 Metodologi

3.1.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini diperlukan identifikasi dan memahami permasalahan pada studi kasus secara lebih dalam untuk dapat mengetahui kondisi nyata yang terjadi pada daerah irigasi parit lompaten. Permasalahan tersebut dikaji ulang untuk diangkat menjadi topik tugas akhir. Permasalahan yang didapatkan pada studi kasus ini adalah tidak sampainya air irigasi dari hulu ke hilir sehingga tidak mencukupi kebutuhan air pada setiap petak irigasi.

3.1.2. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur, dilakukan pencarian terhadap materi dan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang menunjang penelitian ini. Tahapan ini dilakukan untuk menambah wawasan dan masukan terhadap permasalahan. Literatur yang dipelajari seperti konsep alokasi air irigasi, pola tanam, masalah kebutuhan ketersediaan air dan juga metode yang digunakan untuk melakukan optimasi yaitu *Goal Programming* dengan mengumpulkan beberapa paper dari jurnal-jurnal dengan topik yang terkait dengan penelitian ini. *Output* yang dihasilkan dari Studi Literatur adalah mengetahui *knowledge gap* dan pemahaman literatur yang mendukung tugas akhir ini.

3.1.3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data. Adapun data-data sekunder yang digunakan adalah data irigasi yaitu skema jaringan Irigasi Parit Lompaten untuk mengetahui luasan setiap tanam dan sejauh mana daerah irigasi yang menjadi tujuan layanan daerah irigasi; Pola tanam eksisting Daerah Irigasi untuk mengetahui pola tanam apa yang telah dilakukan beberapa periode sebelumnya; Data debit andalan pada Daerah Irigasi Parit Lompaten; Data curah hujan selama 10

tahun terakhir yaitu tahun 1998 sampai dengan 2007 yang digunakan untuk mengetahui curah hujan efektif; Data klimatologi yang meliputi data aktivitas pemanfaatan air irigasi, data remaining basin untuk mengetahui tambahan ketersediaan debit air irigasi yang berada di hilir.

3.1.4. Merancang Model Optimasi

Pada tahap ini akan dirancang model optimasi dengan menggunakan *Goal Programming*. Mulai dari menentukan variabel keputusan apa saja yang digunakan. Mengidentifikasi batasan tujuan yang menjadi kendala dalam alokasi air irigasi dan formulasi fungsi tujuan yang ingin dicapai untuk menghasilkan model optimasi yang akan diterapkan pada studi kasus. Fungsi tujuan yang digunakan untuk memaksimalkan keuntungan hasil tani dan meminimalkan kebutuhan air pada daerah irigasi. Variabel keputusan yang digunakan adalah luasan tanaman padi dan palawija tiap musim per bangunan luas tanam. Batasan yang digunakan adalah lahan irigasi, kebutuhan air irigasi tidak melebihi volume andalan, masa tanam, kebutuhan debit air tanaman, volume andalan tiap tanaman, musim tidak melebihi total volume andalan dalam setahun dan non-negative variable.

3.1.5. Optimasi

Setelah merancang model optimasi maka dilakukan optimasi dengan bantuan LINGO 11.0 agar dapat mengetahui hasil dari model optimasi yang dirancang sebelumnya.

3.1.6. Analisis dan Interpretasi Data

Pada proses ini dilakukan analisis terhadap hasil optimasi yang diperoleh. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kondisi eksisting dengan hasil optimasi yang didapatkan.

3.1.7. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari keseluruhan proses dan hasil penelitian berdasarkan optimasi yang dilakukan.

3.1.8. Penyusunan Buku Tugas Akhir

Pada tahap ini dilakukan dokumentasi terhadap seluruh tahapan yang sudah dilakukan. Penyusunan laporan dikerjakan selama penelitian berlangsung dan juga sebagai aktivitas penutup kegiatan Tugas Akhir. Di dalam laporan tersebut mencakup :

a) Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat pengerjaan tugas akhir ini.

b) Bab II Dasar Teori

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori yang menjadi dasar permasalahan yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini.

c) Bab III Metodologi

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan - tahapan apa saja yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

d) Bab IV Perancangan

Pada bab ini dijelaskan rancangan penelitian, rancangan bagaimana penelitian akan diselesaikan mulai dari obyek dan subyek penelitian, dan sebagainya.

e) Bab V Implementasi

Bab ini berisi bagaimana proses pelaksanaan penelitian, bagaimana penelitian dilakukan, penerapan strategi

pelaksanaan, hambatan, dan rintangan dalam pelaksanaan, dan sebagainya.

f) Bab VI Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini berisi pembahasan terhadap penyelesaian permasalahan yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini.

g) Bab VII Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dijelaskan kesimpulan dan saran yang ditujukan untuk kelengkapan penyempurnaan tugas akhir ini.

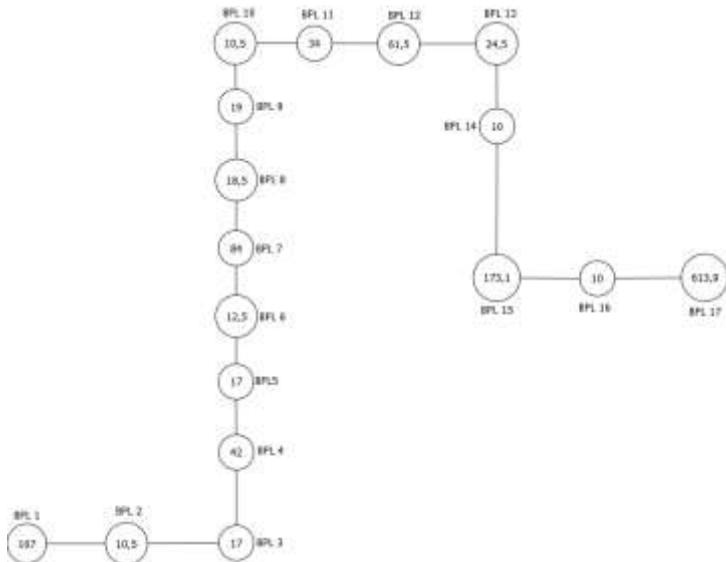
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV PERANCANGAN

Pada bab ini dijelaskan bagaimana rancangan penelitian dari tugas akhir ini dilakukan mulai dari subyek dan obyek penelitian tugas akhir, pemilihan obyek dan subyek penelitian dan bagaimana rancangan tugas akhir yang dilakukan.

4.1. Pengumpulan dan Deskripsi Data

Lokasi Pekerjaan adalah Daerah Irigasi Parit Lompaten 1265 Ha Kecamatan Juhar dan Kecamatan Tigabinanga Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara dengan meliputi desa – desa yaitu : Desa Suka Babo, Desa Batu Mamak, Desa Kuta Gugung, Desa Keriahen Desa Kuta Mbelin , Desa Pergendangen Kecamatan Juhar serta Desa Kuta Galuh dan Kendit Kenderan Kecamatan Tigabinanga.



Gambar 3. 1. Skema Jaringan Parit Lompaten

Pada skema jaringan terdapat beberapa bangunan luas tanam yang disebut Bangunan Parit Lompatan(BPL). Dan terdiri dari 17 BPL yang berada pada saluran primer jaringan. Luas tiap 17 BPL dan debit air yang dialiri terdapat pada Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1 Luas Bangunan BPL

Nama Bangunan	Luas (Ha)
BPL 1	107
BPL 2	10,5
BPL 3	17
BPL 4	42
BPL 5	17
BPL 6	12,5
BPL 7	84
BPL 8	18,5
BPL 9	19
BPL 10	10,5
BPL 11	34
BPL 12	61,5
BPL 13	24,5
BPL 14	10
BPL 15	173,1
BPL 16	10
BPL 17	613,9
Total	1265

4.2 Analisa Hidrologi

4.2.1 Debit Andalan

Dalam Tugas Akhir ini, perhitungan debit andalan berdasarkan pada data debit yang tersedia dari hasil pengukuran. Dimana untuk keperluan irigasi akan dicari debit andalan dengan tingkat keandalan sebesar 80%. Hal ini berarti resiko adanya debit debit yang lebih kecil dari andalan sebesar 20%. Sehingga dapat diharapkan debit tersebut mampu memenuhi penyediaan air untuk irigasi. Tabel 4. 2 merupakan perhitungan Debit andalan selama 10 tahun.

Langkah pertama untuk menentukan debit andalan yaitu dengan mengurutkan debit yang ada dari nilai terbesar hingga terkecil. Dengan n merupakan banyaknya tahun pengamatan dan m merupakan debit dengan kemungkinan tak terpenuhi sebesar 20%. Tabel 4. 3 merupakan data debit andalan yang telah diurut pada kurun waktu 10 tahun($n=10$).

Maka tingkatan yang terpenuhi sebesar :

$$m = 20\% \times n$$
$$n = 2$$

Oleh karena itu dipilihlah debit air setelah 2 dari debit air terendah sebagai debit andalan. Tabel 4. 4 merupakan perhitungan debit andalan(m^3/dt) menjadi volume andalan($lt/dt/ha$).

Tabel 4. 2 Perhitungan Debit Andalan 10 Tahun

No	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	0,76	0,51	0,40	0,46	0,46	0,34	0,56	0,73	0,55	0,53	0,60	0,67
2	0,96	0,59	0,80	0,58	0,60	0,31	0,65	0,61	0,82	0,67	0,62	0,58
3	0,67	0,62	0,69	0,31	0,48	0,41	0,44	0,45	0,75	0,40	0,52	0,52
4	0,91	0,60	0,51	0,64	0,28	0,51	0,57	0,36	0,69	0,61	0,69	0,52
5	1,06	0,75	0,72	0,68	0,71	0,43	0,50	0,63	0,77	0,70	0,64	0,72
6	1,04	0,81	0,73	0,65	0,60	0,59	0,72	0,65	0,63	0,64	0,68	0,67
7	1,06	0,79	0,91	0,80	0,47	0,48	0,52	0,55	0,93	0,76	0,66	0,68
8	0,90	0,57	0,85	0,71	0,57	0,51	0,50	0,63	0,57	0,81	0,69	0,71
9	0,55	0,80	0,62	0,73	0,64	0,42	0,59	0,57	0,60	0,69	0,66	0,28

No	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
10	0,88	0,59	0,63	0,75	0,22	0,62	0,58	0,63	0,65	0,56	0,72	0,64
Jml	8,80	6,62	6,85	6,30	5,06	4,62	5,64	5,83	6,97	6,36	6,49	6,00
	0,88	0,66	0,68	0,63	0,51	0,46	0,56	0,58	0,70	0,64	0,65	0,60
Stdev	0,17	0,11	0,15	0,15	0,15	0,10	0,08	0,11	0,12	0,12	0,06	0,13
Correl	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Q ₉₀	0,76	0,51	0,40	0,46	0,46	0,34	0,56	0,73	0,55	0,53	0,60	0,67
Q ₈₀	0,67	0,62	0,69	0,31	0,48	0,41	0,44	0,45	0,75	0,40	0,52	0,52
Q ₅₀	1,06	0,75	0,72	0,68	0,71	0,43	0,50	0,63	0,77	0,70	0,64	0,72

Tabel 4. 3 Ranking Debit Andalan

No	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	1,06	0,81	0,91	0,80	0,71	0,62	0,72	0,73	0,93	0,81	0,72	0,72
2	1,06	0,80	0,85	0,75	0,64	0,59	0,65	0,65	0,82	0,76	0,69	0,71
3	1,04	0,79	0,80	0,73	0,60	0,51	0,59	0,63	0,77	0,70	0,69	0,68
4	0,96	0,75	0,73	0,71	0,60	0,51	0,58	0,63	0,75	0,69	0,68	0,67
5	0,91	0,62	0,72	0,68	0,57	0,48	0,57	0,63	0,69	0,67	0,66	0,67
6	0,90	0,60	0,69	0,65	0,48	0,43	0,56	0,61	0,65	0,64	0,66	0,64
7	0,88	0,59	0,63	0,64	0,47	0,42	0,52	0,57	0,63	0,61	0,64	0,58
8	0,76	0,59	0,62	0,58	0,46	0,41	0,50	0,55	0,60	0,56	0,62	0,52
9	0,67	0,57	0,51	0,46	0,28	0,34	0,50	0,45	0,57	0,53	0,60	0,52
10	0,55	0,51	0,40	0,31	0,22	0,31	0,44	0,36	0,55	0,40	0,52	0,28

Tabel 4. 4 Perhitungan Volume Andalan Setiap Bulan

Bulan	Debit Andalan (m ³ /dt)	Volume Andalan (10 ⁶ m ³)	Volume Andalan (m ³)
September	0,60	0,52250251	522502,5098
Oktober	0,56	0,483399547	483399,5469
November	0,62	0,539013364	539013,3636
Desember	0,52	0,451901236	451901,2361
Januari	0,76	0,658930142	658930,1423
Februari	0,59	0,510276204	510276,2043
Maret	0,62	0,532843351	532843,3509
April	0,58	0,497373267	497373,2673
Mei	0,46	0,401315978	401315,9783
Juni	0,41	0,350282751	350282,7505
Juli	0,50	0,429363004	429363,004
Agustus	0,55	0,478869591	478869,5909

Setelah itu dilakukan perhitungan debit andalan dan volume andalan pada setiap musimnya seperti pada Tabel 4. 5

Tabel 4. 5 Rekap Perhitungan Volume Andalan Tiap Musim

Musim	Debit Andalan (m ³ /dt)	Volume Andalan(10 ⁶ m ³)	Volume Andalan (m ³)
Hujan	2,19	1,89216	1892160
Kemarau 1	2,29	1,97856	1978560
Kemarau 2	1,78	1,53792	1537920
Total	6,26	5,40864	5408640

4.2.2. Evapotranspirasi Potensial

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi potensial, dibutuhkan data data klimatologi yang meliputi temperatur udara, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Data Evapotranspirasi dapat dilihat pada Lampiran.

4.3. Kebutuhan air untuk irigasi

Kebutuhan air merupakan hal yang sangat penting dalam pengelolaan sistem irigasi. Kebutuhan air tersebut dapat didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh dan memproduksi secara normal. Selama pertumbuhan tanaman kebutuhan akan air akan berlangsung secara terus menerus akan tetapi kuantitas kebutuhan air yang dibutuhkan bervariasi. Seperti padi membutuhkan penggenangan air yang cukup selama masa pertumbuhannya, sedangkan tanaman palawija membutuhkan air hanya untuk mempertahankan kelembaban tanah disekitarnya. Jenis tanaman yang efektif ditanam pada daerah irigasi parit lumpatan antara lain tanaman padi, palawija dan tebu. Tetapi pada jaringan irigasi penelitian ini tidak terdapat tanaman tebu. Kebutuhan air itu sendiri dipengaruhi oleh evaporasi potensial, curah hujan efektif, perkolasi, penyiapan lahan, koefisien tanaman, dan efisiensi irigasi.

4.3.1 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif diartikan sebagai curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman. Curah hujan efektif dapat dihitung berdasarkan data hujan yang tersedia.

4.3.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan proses evaporasi dan transpirasi yang dimana diperoleh berdasarkan temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban relatif dan lamanya terjadi penyinaran pada lokasi. Hal ini digunakan untuk memperkirakan kebutuhan air untuk pengolahan tanah untuk padi di sawah.

4.3.3 Perkolasi

Perkolasi merupakan peresapan air ke dalam tanah yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tekstur tanah dan permeabilitasnya. Berdasarkan tekstur tanah lempung berliat dengan permeabilitasnya yang sedang, maka laju perkolasi dapat dipakai 2 sampai 3 mm/hari. Dengan perhitungan ini nilai perkolasi diambil sebesar 2 mm/hari, mengikuti kondisi eksisting di lapangan.

4.3.4 Pengolahan Tanah dan Penyiapan Lahan

Faktor ini merupakan langkah pertama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam mempersiapkan tanahnya untuk penanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan pengolahan tanah yang berbeda-beda. Pengolahan tanah untuk tanaman jenis padi akan membutuhkan air irigasi yang lebih banyak dibandingkan tanaman jenis palawija dikarenakan tanaman padi memerlukan tanah dengan tingkat kejenuhan yang baik dan dalam keadaan tanah yang lunak dan gembur. Pengolahan tanah dilakukan selama 30 hari sebelum masa tanam dengan jumlah tinggi genangan 250 mm. Sebelum kegiatan penanaman dimulai, petak sawah diberi air secukupnya untuk melunakkan tanahnya. Biasanya dilakukan dengan membajak dan mencangkul sawah. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dipengaruhi oleh proses evapotranspirasi potensial yang terjadi.

4.3.5 Koefisien tanaman

Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman ini merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman dalam masa pertumbuhannya. Besarnya koefisien tanaman ini akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air untuk tanaman tersebut.

4.3.6 Efisiensi Irigasi

Agar air yang sampai pada tanaman tepat jumlahnya seperti yang direncanakan, maka air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan harus lebih besar dari kebutuhan. Besarnya nilai efisiensi irigasi ini dipengaruhi oleh jumlah air yang hilang selama di perjalanan. Efisiensi kehilangan air pada saluran primer, sekunder dan tersier berbeda-beda pada daerah irigasi.

Tabel 4. 6 Merupakan perhitungan untuk mendapatkan kebutuhan air pada pintu pengambilan (intake) dan menentukan kebutuhan air tanaman padi pada setiap musimnya.

Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pada Tanaman Padi

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR (m³/dt)	DR (lt/dt/ha)	DR Tiap Musim
Musim Hujan	September	I	1,384066	1195,8333	7516,157
		II	1,395319	1205,5556	
		III	1,395319	1205,5556	
	Oktober	I	1,067708	922,5	
		II	0,780446	674,30556	
		III	0,769676	665	
	November	I	0,591242	510,83333	
		II	0,457497	395,27778	

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR	DR	DR Tiap Musim
			(m ³ /dt)	(lt/dt/ha)	
	Desember	III	0,302855	261,66667	
		I	0,555127	479,62963	
		II	0	0	
		III	0	0	
Musim Kemarau 1	Januari	I	1,676633	1448,6111	8065,81
		II	1,753794	1515,2778	
		III	1,887217	1630,5556	
	Februari	I	0,803916	694,58333	
		II	0,614739	531,13426	
		III	0,602388	520,46296	
	Maret	I	0,773052	667,91667	
		II	0,575971	497,63889	
		III	0,415863	359,30556	
	April	I	0,231857	200,32407	
		II	0	0	
		III	0	0	
Musim Kemarau 2	Mei	I	1,983668	1713,8889	12459,38
		II	2,015818	1741,6667	
		III	2,149241	1856,9444	
	Juni	I	1,172036	1012,6389	
		II	1,288286	1113,0787	
		III	1,275934	1102,4074	
	Juli	I	1,338252	1156,25	
		II	0,899938	777,5463	
		III	0,74133	640,50926	

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR (m ³ /dt)	DR (lt/dt/ha)	DR Tiap Musim
			Agustus	I	
	II	0,51869		448,14815	
	III	0,284529		245,83333	

Tabel 4. 7 merupakan perhitungan untuk kebutuhan air pada tanaman palawija dan untuk mengetahui kebutuhan air palawija pada setiap musimnya.

Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Pada Tanaman Palawija

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR (m ³ /dt)	DR (lt/dt/ha)	DR Tiap Musim
Musim Hujan	September	I	0,4723401	40,81019	1086,13
		II	2,84674	245,9583	
		III	0,5509474	47,60185	
	Oktober	I	3,3558333	289,944	
		II	1,1725231	101,306	
		III	1,3879282	119,917	
	November	I	0,156893	13,55556	
		II	0,0469394	4,05556	
		III	0,1652521	14,27778	
	Desember	I	2,4155556	208,704	

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR (m ³ /dt)	DR (lt/dt/ha)	DR Tiap Musim
		II	0	0	
		III	0	0	
Musim Kemarau 1	Januari	I	5,12259 95	442,5926	1260,7 5
		II	2,74723 51	237,3611	
		III	0,66015 09	57,03704	
	Februari	I	0,50925 93	44	
		II	0,59204 6	51,15278	
		III	0,34502 53	29,81019	
	Maret	I	1,61747 69	139,75	
		II	1,23714 12	106,889	
		III	0,97029 28	83,8333	
	April	I	0,79078 79	68,32407	
		II	0	0	
		III	0	0	
Musim Kemarau 2	Mei	I	1,83792 01	158,7963	3852,6 77
		II	0,40026 62	34,583	
		III	2,89459 49	250,093	
	Juni	I	4,19046 3	362,056	
		II	6,14342	530,792	

Musim Tanam	Bulan	Periode	DR (m ³ /dt)	DR (lt/dt/ha)	DR Tiap Musim
		III	6,39043 98	552,134	
	Juli	I	7,28148 15	629,12	
		II	4,47542 82	386,677	
		III	4,22346 06	364,907	
	Agustus	I	4,41208 33	381,204	
		II	1,97187 5	170,37	
		III	0,36972 74	31,94444	

Pada Tabel 4. 8 dilakukan rekapitulasi terhadap kebutuhan air tanaman padi dan tanaman palawija untuk setiap musimnya yang akan digunakan sebagai batasan.

Tabel 4. 8 Rekap Kebutuhan Air

DR	Padi	Palawija
Hujan	7516,1574	1086,13
Kemarau 1	8065,8102	1260,75
Kemarau 2	12459,375	3852,677

4. 4. Analisa Hasil Usaha Tani

Hasil usaha tani merupakan analisa untuk mendapatkan pendapatan bersih petani yang didapat dari hasil produksi petani dikurangi biaya produksi yang harus dikeluarkan seperti biaya pupuk dan biaya tenaga kerja oleh petani untuk setiap hektarnya. Hasil perhitungan ini berupa pendapatan bersih untuk masing-masing tanaman yang akan dipakai sebagai fungsi sasaran pada perhitungan yang akan dicapai. Tabel 4. 9 merupakan perhitungan biaya kebutuhan untuk pupuk pada tanaman padi. Perhitungan pupuk dianalisa berdasarkan satu hektarnya. Sehingga didapatkan biaya kebutuhan untuk tanaman padi sebesar Rp. 2.449.600 untuk setiap hektarnya.

Tabel 4. 9 Biaya Kebutuhan Pupuk Tanaman Padi

PENGUNAAN SARANA PRODUKSI					
1	Benih/ Bibit	40	Kg/Ha	25.000	1.000.000
2	Pupuk				
	Pupuk Anorganik				
	a. SP 36	250	Kg/Ha	2.300	575.000
	b. KCL				-
	c. Urea	200	Kg/Ha	1.610	322.000
	d. ZA	100	Kg/Ha	2.645	264.500
3	Pestisida				
	a. Insektisida				
	'- Cair	1	Ltr/Ha	100.000	100.000
	b. Fungi	1	Kg/Ha	85.500	85.500

	c. Herbisida	2	Ltr/Ha	51.300	102.600
JUMLAH					2.449.600

Tabel 4. 10 perhitungan biaya kebutuhan pupuk untuk tanaman palawija berdasarkan analisa hasil tani. Perhitungan pupuk dianalisa per hektarnya. Sehingga membutuhkan Rp. 2.821.600 untuk biaya kebutuhan pupuk tanaman palawija untuk satu hektarnya.

Tabel 4. 10 Biaya Kebutuhan Pupuk Tanaman Palawija

PENGUNAAN SARANA PRODUKSI					
1	Benih/ Bibit	20	Kg	82.080	1.641.600
2	Pupuk				
	Pupuk Anorganik				
	a. SP 36	150	Kg	2.300	345.000
	b. KCL	100			-
	c. Urea	200	Kg	1.610	322.000
3	Pestisida				
	- Herbisida	10	Ltr	51.300	513.000
JUMLAH					2.821.600

Selanjutnya Tabel 4. 11 merupakan analisa biaya kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan. Analisa kebutuhan tenaga kerja juga dianalisa per hektarnya. Sehingga biaya kebutuhan tenaga kerja untuk tanaman padi sebesar Rp. 6.150.000.

Tabel 4. 11 Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Tanaman Padi

PENGUNAAN TENAGA KERJA					
1	Traktor	1	Ha	750000	750.000
2	Pengolahan Lahan sampai siap tanam	10	OH	60.000	600.000
3	Penanaman	12	OH	60.000	720.000
4	Pemupukan	6	OH	60.000	360.000
5	Penyiangan	20	OH	60.000	1.200.000
6	Pengendalian Hama & Penyakit	12	OH	60.000	720.000
7	Panen	30	OH	60.000	1.800.000
JUMLAH					6.150.000

Tabel 4. 12 merupakan rincian biaya kebutuhan tenaga kerja untuk tanaman palawija. Analisa ini juga dilakukan dengan menentukan biaya kebutuhan tenaga kerja untuk setiap hektarnya. Dapat dilihat pada tabel , biaya kebutuhan tenaga kerja untuk tanaman palawija sebesar Rp 5.330.000

Tabel 4. 12 Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Tanaman Palawija

PENGUNAAN TENAGA KERJA					
1	Traktor	1	Ha	750000	750.000
3	Penanaman	15	OH	60.000	900.000
4	Pemupukan	12	OH	60.000	720.000
5	Penyiangan	20	OH	60.000	1.200.000
6	Pengendalian Hama & Penyakit	6	OH	60.000	360.000
7	Panen	200	Karung	7.000	1.400.000
JUMLAH					5.330.000

Untuk mendapatkan pendapatan bersih maka dilakukan perhitungan yaitu hasil produksi yang telah didapat, dikurangi

Biaya produksi(termasuk pupuk, tenaga kerja, sewa lahan). Untuk hasil produksi didapatkan dari harga jual dikurangi dengan produksi.

Tabel 4. 13 merupakan perhitungan untuk mendapatkan pendapatan bersih untuk tanaman padi.

Tabel 4. 13 Pendapatan Bersih Tanaman Padi

No	Uraian	Padi (Rp/Ha)
1	Biaya Produksi	Rp 12.295.576
2	Hasil Produksi	Rp 17.039.400
3	Pendapatan	Rp 4.743.824

Tabel 4. 14 merupakan perhitungan untuk mendapatkan pendapatan bersih pada tanaman palawija.

Tabel 4. 14 Pendapatan Bersih Tanaman Palawija

No	Uraian	Palawija (Rp/Ha)
1	Biaya Produksi	Rp 12.320.696
2	Hasil Produksi	Rp 18.278.000
3	Pendapatan	Rp 5.957.304

Perhitungan biaya kebutuhan pupuk, biaya kebutuhan tenaga kerja dan pendapatan bersih merupakan faktor-faktor yang akan digunakan pada permodelan goal programming. Tabel 4. 15 merupakan rekapitulasi terhadap analisa usaha tani yang dibutuhkan.

Tabel 4. 15 Rekap Biaya Kebutuhan Produksi

No	Uraian	Padi	Palawija
1	Biaya kebutuhan pupuk	Rp 2.449.600	Rp 2.821.600
2	Biaya kebutuhan tenaga kerja	Rp 6.150.000	Rp 5.330.000
3	Pendapatan bersih	Rp 4.743.824	Rp 5.957.304

Data yang dibutuhkan adalah pendapatan padi dan palawija setiap areal, biaya kebutuhan tenaga kerja padi dan palawija, biaya kebutuhan pupuk padi dan palawija serta volume andalan yang telah dihitung.

Tabel 4. 16 Perhitungan Pendapatan Bersih Padi dan Palawija

Nama Bangunan	Pendapatan Bersih	
	Padi	Palawija
BPL 1	Rp 507.589.168	Rp 637.431.528
BPL 2	Rp 49.810.152	Rp 62.551.692
BPL 3	Rp 80.645.008	Rp 101.274.168
BPL 4	Rp 199.240.608	Rp 250.206.768
BPL 5	Rp 80.645.008	Rp 101.274.168
BPL 6	Rp 59.297.800	Rp 74.466.300
BPL 7	Rp 398.481.216	Rp 500.413.536
BPL 8	Rp 87.760.744	Rp 110.210.124
BPL 9	Rp 90.132.656	Rp 113.188.776
BPL 10	Rp 49.810.152	Rp 62.551.692
BPL 11	Rp 161.290.016	Rp 202.548.336
BPL 12	Rp 291.745.176	Rp 366.374.196
BPL 13	Rp 116.223.688	Rp 145.953.948
BPL 14	Rp 47.438.240	Rp 59.573.040

BPL 15	Rp 821.155.934	Rp 1.031.209.322
BPL 16	Rp 47.438.240	Rp 59.573.040
BPL 17	Rp 2.912.233.554	Rp 3.657.188.926
Total	Rp 6.000.937.360	Rp 7.535.989.560

Tabel 4. 17 merupakan hasil perhitungan analisa biaya kebutuhan tenaga kerja per luas BPL. Tabel 4. 18 hasil analisis kebutuhan biaya pupuk.

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja

Nama Bangunan	Tenaga Kerja	
	Padi	Palawija
BPL 1	Rp 658.050.000	Rp 570.310.000
BPL 2	Rp 64.575.000	Rp 55.965.000
BPL 3	Rp 104.550.000	Rp 90.610.000
BPL 4	Rp 258.300.000	Rp 223.860.000
BPL 5	Rp 104.550.000	Rp 90.610.000
BPL 6	Rp 76.875.000	Rp 66.625.000
BPL 7	Rp 516.600.000	Rp 447.720.000
BPL 8	Rp 113.775.000	Rp 98.605.000
BPL 9	Rp 116.850.000	Rp 101.270.000
BPL 10	Rp 64.575.000	Rp 55.965.000
BPL 11	Rp 209.100.000	Rp 181.220.000
BPL 12	Rp 378.225.000	Rp 327.795.000
BPL 13	Rp 150.675.000	Rp 130.585.000
BPL 14	Rp 61.500.000	Rp 53.300.000
BPL 15	Rp 1.064.565.000	Rp 922.623.000
BPL 16	Rp 61.500.000	Rp 53.300.000

Nama Bangunan	Tenaga Kerja	
	Padi	Palawija
BPL 17	Rp 3.775.485.000	Rp 3.272.087.000
Total	Rp 7.779.750.000	Rp 6.742.450.000

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Biaya Kebutuhan Pupuk

Nama Bangunan	Pupuk	
	Padi	Palawija
BPL 1	Rp 262.107.200	Rp 301.847.000
BPL 2	Rp 25.720.800	Rp 29.620.500
BPL 3	Rp 41.643.200	Rp 47.957.000
BPL 4	Rp 102.883.200	Rp 118.482.000
BPL 5	Rp 41.643.200	Rp 47.957.000
BPL 6	Rp 30.620.000	Rp 35.262.500
BPL 7	Rp 205.766.400	Rp 236.964.000
BPL 8	Rp 45.317.600	Rp 52.188.500
BPL 9	Rp 46.542.400	Rp 53.599.000
BPL 10	Rp 25.720.800	Rp 29.620.500
BPL 11	Rp 83.286.400	Rp 95.914.000
BPL 12	Rp 150.650.400	Rp 173.491.500
BPL 13	Rp 60.015.200	Rp 69.114.500
BPL 14	Rp 24.496.000	Rp 28.210.000
BPL 15	Rp 424.025.760	Rp 488.315.100
BPL 16	Rp 24.496.000	Rp 28.210.000
BPL 17	Rp 1.503.809.440	Rp 1.731.811.900
Total	Rp 3.098.744.000	Rp 3.568.565.000

4.5 Formulasi Data

Dalam tahap ini dilakukan penyusunan data dalam bentuk yang tepat untuk mendapatkan model yang sesuai dengan *Linear Programming* terlebih dahulu lalu diubah menjadi Goal Programming.

4.5.1. Formulasi *Linear Programming*

Langkah – langkah dalam melakukan formulasi *Linear Programming* adalah penentuan variabel keputusan, fungsi tujuan dan Perumusan Batasan.

4.5.1.1. Variabel Keputusan

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang akan diselesaikan adalah mengetahui alokasi air dan keuntungan pada tiap bangunan luas tanam yang ada pada saluran primer pada tiap musim. Sehingga variabel keputusannya adalah luas tanam pada bangunan luas tanam tiap jenis tanaman dan musim yang ada pada saluran primer (X_{ijk}).

X_{ijk} = luas tanam tanaman jenis ke-i pada bangunan luas tanam ke-j dan musim ke-k yang ada pada saluran primer.

Indeks :

- i : Jenis tanaman ke-i $i = 1,2$
 j : Bangunan Parit Lompaten ke-j $j = 1,2,3..17$
 k : Musim Tanam ke-k $k = 1,2,3$

Keterangan :

- $i = 1$ (tanaman padi)
 $i = 2$ (tanaman palawija)
 $k = 1$ (musim hujan)
 $k = 2$ (musim kemarau 1)
 $k = 3$ (musim kemarau 2)

4.5.1.2. Fungsi Tujuan

Pada tahap ini dilakukan perumusan permodelan terhadap fungsi tujuan dengan menggunakan Program Linear terlebih dahulu sebelum dilakukan permodelan secara Goal Programming. Dalam tugas akhir ini mempunyai 4 goal utama yang akan dicapai, yaitu :

Goal 1 : Meminimalkan Kebutuhan Air setiap bangunan BPL dimana kebutuhan air tidak melebihi volume andalan (jumlah air) yang masuk.

Dimana :

Ki : Kebutuhan Air tanaman ke-i..... i =1,2

Sehingga fungsi tujuannya adalah

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{17} K_i \cdot X_{ijk}$$

Goal 2 : Maksimalkan pendapatan bersih.

Mengoptimalkan lahan irigasi dengan tujuan memaksimalkan keuntungan bersih yang diperoleh pada lahan irigasi.

Dimana :

P1 = Hasil Pendapatan Bersih untuk tanaman padi.

X_{1jk} = Luas tanam tanaman padi pada bangunan ke-j dan musim ke-k

Sehingga fungsi tujuannya untuk memaksimalkan keuntungan hasil tanaman padi adalah sebagai berikut:

$$\text{Max } Z_2 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} P1 \cdot X_{1jk}$$

46

Fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan tanaman palawija adalah:

$$\mathbf{Max Z_3 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} P2.X2jk}$$

Dimana :

P2 = Hasil Pendapatan Bersih untuk tanaman palawija.

X2jk = Luas tanam tanaman palawija pada bangunan ke-j dan musim ke-k

Goal 3 : Meminimalkan biaya Tenaga kerja yang dibutuhkan. Meminimalkan biaya tenaga kerja berdasarkan tanaman.

Dimana:

TK1 = Biaya Tenaga Kerja untuk tanaman padi.

X1jk = Luas tanam tanaman padi pada bangunan ke-j dan musim ke-k.

Sehingga fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya tenaga kerja tanaman padi sebagai berikut:

$$\mathbf{Min Z_4 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} TK1.X1jk}$$

Berikut adalah fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya tenaga kerja pada tanaman palawija.

$$\mathbf{Min Z_5 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} TK2.X2jk}$$

Dimana :

TK2 = Biaya Tenaga Kerja untuk tanaman palawija.

X_{2jk} = Luas tanam tanaman palawija pada bangunan ke-j dan musim ke-k.

Goal 4 : Meminimalkan kebutuhan pupuk pada tiap bangunan.

Dimana :

PP1 = Biaya pupuk untuk tanaman padi.

X_{1jk} = Luas tanam tanaman padi pada bangunan ke-j dan musim ke-k.

Fungsi tujuan ini dibedakan berdasarkan jenis tanaman sehingga fungsi tujuan untuk meminimalkan kebutuhan pupuk pada tanaman padi sebagai berikut :

$$\text{Min } Z_6 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} Bp1. X_{1jk}$$

Untuk meminimalkan biaya pupuk yang digunakan pada tanaman palawija sebagai berikut :

$$\text{Min } Z_7 = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^{17} Bp2. X_{2jk}$$

Dimana :

PP2 = Biaya pupuk untuk tanaman palawija.

X_{2jk} = Luas tanam tanaman palawija pada bangunan ke-j dan musim ke-k.

4.5.1.3 Perumusan Batasan

Batasan yang ada dalam model antara lain sebagai berikut :

Batasan 1 : Luasan Maksimum. Dimana luas dari bangunan luas tanam ke-j pada tanaman ke-i dan musim ke-k tidak melebihi dari luas total.

Batasan 2 : Kebutuhan air pada pintu pengambilan disetiap BPL pada tanaman ke-i dan musim ke-k tidak melebihi volume andalan yang tersedia.

Batasan 3 : Luas areal irigasi tidak boleh melebihi areal potensial masing-masing BPL .

Batasan 4 : Luasan BPL pada setiap musim tidak boleh melebihi total luas lahan pada musimnya.

4.5.2. Formulasi Goal Programming

Setelah menentukan model *Linear Programming*, langkah selanjutnya adalah mengubah ke model Goal Programming. Fungsi tujuan yang ada pada *Linear Programming* berubah menjadi batasan dengan adanya target.

Goal 1 : Untuk memaksimalkan keuntungan sesuai dengan lahan yang tersedia.

$$\begin{aligned} Z_1 = & K1*X111 + K1*X121 + K1*X131 + K1*X141 + \\ & K1*X151 + K1*X161 + K1*X171 + K1*X181 + K1*X191 \\ & + K1*X1101 + K1*X1111 + K1*X1121 + K1*X1131 + \\ & K1*X1141 + K1*X1151 + K1*X1161 + K1*X1171 + \\ & K1*X112 + K1*X122 + K1*X132 + K1*X142 + K1*X152 \\ & + K1*X162 + K1*X172 + K1*X182 + K1*X192 + \\ & K1*X1102 + K1*X1112 + K1*X1122 + K1*X1132 + \\ & K1*X1142 + K1*X1152 + K1*X1162 + K1*X1172 + \\ & K1*X113 + K1*X123 + K1*X133 + K1*X143 + K1*X153 \\ & + K1*X163 + K1*X173 + K1*X183 + K1*X193 + \\ & K1*X1103 + K1*X1113 + K1*X1123 + K1*X1133 + \\ & K1*X1143 + K1*X1153 + K1*X1163 + K1*X1173 + \\ & K2*X211 + K2*X221 + K2*X231 + K2*X241 + K2*X251 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + K2*X261 + K2*X271 + K2*X281 + K2*X291 + \\
& K2*X2101 + K2*X2111 + K2*X2121 + K2*X213 + \\
& K2*X2141 + K2*X2151 + K2*X2161 + K2*X217 + \\
& K2*X212 + K2*X222 + K2*X232 + K2*X242 + K2*X252 \\
& + K2*X262 + K2*X272 + K2*X282 + K2*X292 + \\
& K2*X2102 + K2*X2112 + K2*X2122 + K2*X2132 + \\
& K2*X2142 + K2*X2152 + K2*X2162 + K2*X2172 + \\
& K2*X213 + K2*X223 + K2*X233 + K2*X243 + K2*X253 \\
& + K2*X263 + K2*X273 + K2*X283 + K2*X293 + \\
& K2*X2103 + K2*X2113 + K2*X2123 + K2*X2133 + \\
& K2*X2143 + K2*X2153 + K2*X2163 + K2*X2173 \leq V_{tot}
\end{aligned}$$

Goal 2 : Meminimalkan Kebutuhan air pada tiap bangunan luas tanam yang ada pada saluran primer.

$$\begin{aligned}
\mathbf{Maks Z_2} = & P1*X111 + P1*X121 + P1*X131 + P1*X141 + \\
& P1*X151 + P1*X161 + P1*X171 + P1*X181 + P1*X191 + \\
& P1*X1101 + P1*X1111 + P1*X1121 + P1*X1131 + \\
& P1*X1141 + P1*X1151 + P1*X1161 + P1*X1171 + \\
& P1*X112 + P1*X122 + P1*X132 + P1*X142 + P1*X152 + \\
& P1*X162 + P1*X172 + P1*X182 + P1*X192 + P1*X1102 + \\
& P1*X1112 + P1*X1122 + P1*X1132 + P1*X1142 + \\
& P1*X1152 + P1*X1162 + P1*X1172 + P1*X113 + P1*X123 \\
& + P1*X133 + P1*X143 + P1*X153 + P1*X163 + P1*X173 + \\
& P1*X183 + P1*X193 + P1*X1103 + P1*X1113 + P1*X1123 \\
& + P1*X1133 + P1*X1143 + P1*X1153 + P1*X1163 + \\
& P1*X1173 \geq 6000937360
\end{aligned}$$

Fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan tanaman palawija adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
& P2*X211 + P2*X221 + P2*X231 + P2*X241 + P2*X251 + \\
& P2*X261 + P2*X271 + P2*X281 + P2*X291 + P2*X2101 + \\
& P2*X2111 + P2*X2121 + P2*X2131 + P2*X2141 + \\
& P2*X2151 + P2*X2161 + P2*X2171 + P2*X212 + P2*X222 \\
& + P2*X232 + P2*X242 + P2*X252 + P2*X262 + P2*X272
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + P2*X282 + P2*X292 + P2*X2102 + P2*X2112 + \\
& P2*X2122 + P2*X2132 + P2*X2142 + P2*X2152 + \\
& P2*X2162 + P2*X2172 + P2*X213 + P2*X223 + P2*X233 \\
& + P2*X243 + P2*X253 + P2*X263 + P2*X273 + P2*X283 \\
& + P2*X293 + P2*X2103 + P2*X2113 + P2*X2123 + \\
& P2*X2133 + P2*X2143 + P2*X2153 + P2*X2163 + \\
& P2*X2173 \geq 7535989560
\end{aligned}$$

Goal 3 : Meminimalkan Tenaga kerja yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
\text{Min } Z_4 = & TK1*X111 + TK1*X121 + TK1*X131 + \\
& TK1*X141 + TK1*X151 + TK1*X161 + TK1*X171 + \\
& TK1*X181 + TK1*X191 + TK1*X1101 + TK1*X1111 + \\
& TK1*X1121 + TK1*X1131 + TK1*X1141 + TK1*X1151 + \\
& TK1*X1161 + TK1*X1171 + TK1*X112 + TK1*X122 + \\
& TK1*X132 + TK1*X142 + TK1*X152 + TK1*X162 + \\
& TK1*X172 + TK1*X182 + TK1*X192 + TK1*X1102 + \\
& TK1*X1112 + TK1*X1122 + TK1*X1132 + TK1*X1142 + \\
& TK1*X1152 + TK1*X1162 + TK1*X1172 + TK1*X113 + \\
& TK1*X123 + TK1*X133 + TK1*X143 + TK1*X153 + \\
& TK1*X163 + TK1*X173 + TK1*X183 + TK1*X193 + \\
& TK1*X1103 + TK1*X1113 + TK1*X1123 + TK1*X1133 + \\
& TK1*X1143 + TK1*X1153 + TK1*X1163 + TK1*X1173 \leq \\
& 7779750000
\end{aligned}$$

Berikut adalah fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya tenaga kerja pada tanaman palawija.

$$\begin{aligned}
\text{Min } Z_5 = & TK2*X211 + TK2*X221 + TK2*X231 + \\
& TK2*X241 + TK2*X251 + TK2*X261 + TK2*X271 + \\
& TK2*X281 + TK2*X291 + TK2*X2101 + TK2*X2111 + \\
& TK2*X2121 + TK2*X2131 + TK2*X2141 + TK2*X2151 + \\
& TK2*X2161 + TK2*X2171 + TK2*X212 + TK2*X222 + \\
& TK2*X232 + TK2*X242 + TK2*X252 + TK2*X262 + \\
& TK2*X272 + TK2*X282 + TK2*X292 + TK2*X2102 + \\
& TK2*X2112 + TK2*X2122 + TK2*X2132 + TK2*X2142 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{TK2}^* \text{X2152} + \text{TK2}^* \text{X2162} + \text{TK2}^* \text{X2172} + \text{TK2}^* \text{X213} + \\
& \text{TK2}^* \text{X223} + \text{TK2}^* \text{X233} + \text{TK2}^* \text{X243} + \text{TK2}^* \text{X253} + \\
& \text{TK2}^* \text{X263} + \text{TK2}^* \text{X273} + \text{TK2}^* \text{X283} + \text{TK2}^* \text{X293} + \\
& \text{TK2}^* \text{X2103} + \text{TK2}^* \text{X2113} + \text{TK2}^* \text{X2123} + \text{TK2}^* \text{X2133} + \\
& \text{TK2}^* \text{X2143} + \text{TK2}^* \text{X2153} + \text{TK2}^* \text{X2163} + \text{TK2}^* \text{X2173} \leq \\
& 6742450000
\end{aligned}$$

Goal 4 : Meminimalkan kebutuhan pupuk pada tiap bangunan.

$$\begin{aligned}
\text{Min } Z_6 = & \text{PP1}^* \text{X111} + \text{PP1}^* \text{X121} + \text{PP1}^* \text{X131} + \text{PP1}^* \text{X141} \\
& + \text{PP1}^* \text{X151} + \text{PP1}^* \text{X161} + \text{PP1}^* \text{X171} + \text{PP1}^* \text{X181} + \\
& \text{PP1}^* \text{X191} + \text{PP1}^* \text{X1101} + \text{PP1}^* \text{X1111} + \text{PP1}^* \text{X1121} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1131} + \text{PP1}^* \text{X114} + \text{PP1}^* \text{X1151} + \text{PP1}^* \text{X1161} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1171} + \text{PP1}^* \text{X111} + \text{PP1}^* \text{X121} + \text{PP1}^* \text{X131} + \\
& \text{PP1}^* \text{X141} + \text{PP1}^* \text{X151} + \text{PP1}^* \text{X161} + \text{PP1}^* \text{X17} + \\
& \text{PP1}^* \text{X181} + \text{PP1}^* \text{X191} + \text{PP1}^* \text{X1101} + \text{PP1}^* \text{X1111} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1121} + \text{PP1}^* \text{X1131} + \text{PP1}^* \text{X1141} + \text{PP1}^* \text{X1151} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1161} + \text{PP1}^* \text{X1171} + \text{PP1}^* \text{X113} + \text{PP1}^* \text{X123} + \\
& \text{PP1}^* \text{X133} + \text{PP1}^* \text{X143} + \text{PP1}^* \text{X153} + \text{PP1}^* \text{X163} \\
& + \text{PP1}^* \text{X173} + \text{PP1}^* \text{X183} + \text{PP1}^* \text{X193} + \text{PP1}^* \text{X1103} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1113} + \text{PP1}^* \text{X1123} + \text{PP1}^* \text{X1133} + \text{PP1}^* \text{X1143} + \\
& \text{PP1}^* \text{X1153} + \text{PP1}^* \text{X1163} + \text{PP1}^* \text{X1173} \leq 2098744000
\end{aligned}$$

Untuk meminimalkan biaya pupuk yang digunakan pada tanaman palawija sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Min } Z_7 = & \text{PP2}^* \text{X211} + \text{PP2}^* \text{X221} + \text{PP2}^* \text{X231} + \\
& \text{PP2}^* \text{X241} + \text{PP2}^* \text{X251} + \text{PP2}^* \text{X261} + \text{PP2}^* \text{X271} + \\
& \text{PP2}^* \text{X281} + \text{PP2}^* \text{X291} + \text{PP2}^* \text{X2101} + \text{PP2}^* \text{X2111} + \\
& \text{PP2}^* \text{X2121} + \text{PP2}^* \text{X2131} + \text{PP2}^* \text{X2141} + \text{PP2}^* \text{X2151} \\
& + \text{PP2}^* \text{X2161} + \text{PP2}^* \text{X2171} + \text{PP2}^* \text{X212} + \text{PP2}^* \text{X222} + \\
& \text{PP2}^* \text{X232} + \text{PP2}^* \text{X242} + \text{PP2}^* \text{X252} + \text{PP2}^* \text{X262} + \\
& \text{PP2}^* \text{X272} + \text{PP2}^* \text{X282} + \text{PP2}^* \text{X292} + \text{PP2}^* \text{X2102} + \\
& \text{PP2}^* \text{X2112} + \text{PP2}^* \text{X2122} + \text{PP2}^* \text{X2132} + \text{PP2}^* \text{X2142} + \\
& \text{PP2}^* \text{X2152} + \text{PP2}^* \text{X2162} + \text{PP2}^* \text{X2172} + \text{PP2}^* \text{X213} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& PP2*X223 + PP2*X233 + PP2*X243 + PP2*X253 + \\
& PP2*X263 + PP2*X273 + PP2*X283 + PP2*X293 + \\
& PP2*X2103 + PP2*X2113 + PP2*X2123 + PP2*X2133 + \\
& PP2*X2143 + PP2*X2153 + PP2*X2163 + PP2*X2173 \leq \\
& 2568565000
\end{aligned}$$

Setelah menentukan model dari fungsi tujuan lalu terdapat ketentuan dalam melakukan metode optimasi menggunakan goal programming yaitu dengan menambahkan nilai-nilai berikut ini :

$$\begin{aligned}
dj^- &= \text{nilai penyimpangan di bawah} \\
dj^+ &= \text{nilai penyimpangan di atas}
\end{aligned}$$

Dengan penambahan variabel deviasa maka tambahan batasan yang berasal dari fungsi tujuan Linear Programming berubah menjadi seperti berikut.

- Meminimalkan Kebutuhan air pada tiap bangunan luas tanam yang ada pada saluran primer.

$$\begin{aligned}
7516.157407*X111 &+ 7516.157407*X121 &+ \\
7516.157407*X131 &+ 7516.157407*X141 &+ \\
7516.157407*X151 &+ 7516.157407*X161 &+ \\
7516.157407*X171 &+ 7516.157407*X181 &+ \\
7516.157407*X191 &+ 7516.157407*X1101 &+ \\
7516.157407*X1111 &+ 7516.157407*X1121 &+ \\
7516.157407*X1131 &+ 7516.157407*X1141 &+ \\
7516.157407*X1151 &+ 7516.157407*X1161 &+ \\
7516.157407*X1171 &+ 8065.810185*X112 &+ \\
8065.810185*X122 &+ 8065.810185*X132 &+ \\
8065.810185*X142 &+ 8065.810185*X152 &+ \\
8065.810185*X162 &+ 8065.810185*X172 &+ \\
8065.810185*X182 &+ 8065.810185*X192 &+ \\
8065.810185*X1102 &+ 8065.810185*X1112 &+
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 8065.810185 * X1122 + 8065.810185 * X1132 + \\
& 8065.810185 * X1142 + 8065.810185 * X1152 + \\
& 8065.810185 * X1162 + 8065.810185 * X1172 + \\
& 12459.375 * X113 + 12459.375 * X123 + 12459.375 * X133 \\
& + 12459.375 * X143 + 12459.375 * X153 + 12459.375 * X163 \\
& + 12459.375 * X173 + 12459.375 * X183 + 12459.375 * X193 \\
& + 12459.375 * X1103 + 12459.375 * X1113 + \\
& 12459.375 * X1123 + 12459.375 * X1133 + \\
& 12459.375 * X1143 + 12459.375 * X1153 + 12459.375 * X1163 \\
& + 12459.375 * X1173 + 1086.13 * X211 + 1086.13 * X221 + \\
& 1086.13 * X231 + 1086.13 * X241 + 1086.13 * X251 + \\
& 1086.13 * X261 + 1086.13 * X271 + 1086.13 * X281 + \\
& 1086.13 * X291 + 1086.13 * X2101 + 1086.13 * X2111 + \\
& 1086.13 * X2121 + 1086.13 * X2131 + 1086.13 * X2141 + \\
& 1086.13 * X2151 + 1086.13 * X2161 + 1086.13 * X2171 + \\
& 1260.75 * X212 + 1260.75 * X222 + 1260.75 * X232 + \\
& 1260.75 * X242 + 1260.75 * X252 + 1260.75 * X262 + \\
& 1260.75 * X272 + 1260.75 * X282 + 1260.75 * X292 + \\
& 1260.75 * X2102 + 1260.75 * X2112 + 1260.75 * X2122 \\
& + 1260.75 * X2132 + 1260.75 * X2142 + 1260.75 * X2152 \\
& + 1260.75 * X2162 + 1260.75 * X2172 + 3852.677 * X213 \\
& + 3852.677 * X223 + 3852.677 * X233 + 3852.677 * X243 \\
& + 3852.677 * X253 + 3852.677 * X263 + 3852.677 * X273 \\
& + 3852.677 * X283 + 3852.677 * X293 + 3852.677 * X2103 \\
& + 3852.677 * X2113 + 3852.677 * X2123 + \\
& 3852.677 * X2133 + 3852.677 * X2143 + 3852.677 * X2153 \\
& + 3852.677 * X2163 + 3852.677 * X2173 + d1^- - d1^+ = \\
& 5856070.945
\end{aligned}$$

- Memaksimalkan keuntungan pada tanaman padi.

$$\begin{aligned}
& 507589168 * X111 + 49810152 * X121 + 80645008 * X131 \\
& + 199240608 * X141 + 80645008 * X151 + 59297800 * X161 \\
& + 398481216 * X171 + 87760744 * X181 + 90132656 * X191 \\
& + 49810152 * X1101 + 161290016 * X1111 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 291745176 * X1121 + 116223688 * X1131 + 47438240 * X1141 \\
& + 821155934.4 * X1151 + 47438240 * X1161 + \\
& 2912233554 * X1171 + 507589168 * X112 + 49810152 * X122 \\
& + 80645008 * X132 + 199240608 * X142 + \\
& 80645008 * X152 + 59297800 * X162 + 398481216 * X172 \\
& + 87760744 * X182 + 90132656 * X192 + 49810152 * X1102 \\
& + 161290016 * X1112 + 291745176 * X1122 + \\
& 116223688 * X1132 + 47438240 * X1142 + \\
& 821155934.4 * X1152 + 47438240 * X1162 + \\
& 2912233554 * X1172 + 507589168 * X113 + \\
& 49810152 * X123 + 80645008 * X133 + 199240608 * X143 \\
& + 80645008 * X153 + 59297800 * X163 + \\
& 398481216 * X173 + 87760744 * X183 + 90132656 * X193 \\
& + 49810152 * X1103 + 161290016 * X1113 + \\
& 291745176 * X1123 + 116223688 * X1133 + \\
& 47438240 * X1143 + 821155934.4 * X1153 + \\
& 47438240 * X1163 + 2912233554 * X1173 + d2^- - d2^+ = \\
& 6000937360
\end{aligned}$$

- Memaksimalkan hasil keuntungan tanaman palawija.

$$\begin{aligned}
& 637431528 * X211 + 62551692 * X221 + 101274168 * X231 + \\
& 250206768 * X241 + 101274168 * X251 + 74466300 * X261 + \\
& 500413536 * X271 + 110210124 * X281 + 113188776 * X291 + \\
& 62551692 * X2101 + 202548336 * X2111 + 366374196 * X2121 \\
& + 145953948 * X2131 + 59573040 * X2141 + \\
& 1031209322 * X2151 + 59573040 * X2161 + \\
& 3657188926 * X2171 + 637431528 * X212 + 62551692 * X222 \\
& + 101274168 * X232 + 250206768 * X242 + \\
& 101274168 * X252 + 74466300 * X262 + 500413536 * X272 \\
& + 110210124 * X282 + 113188776 * X292 + \\
& 62551692 * X2102 + 202548336 * X2112 + 366374196 * X2122 \\
& + 145953948 * X2132 + 59573040 * X2142 + \\
& 1031209322 * X2152 + 59573040 * X2162 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 3657188926 * X_{2172} + 637431528 * X_{213} + \\
& 62551692 * X_{223} + 101274168 * X_{233} + 250206768 * X_{243} \\
& + 101274168 * X_{253} + 74466300 * X_{263} + \\
& 500413536 * X_{273} + 110210124 * X_{283} + 113188776 * X_{293} \\
& + 62551692 * X_{2103} + 202548336 * X_{2113} + \\
& 366374196 * X_{2123} + 145953948 * X_{2133} + \\
& 59573040 * X_{2143} + 1031209322 * X_{2153} + \\
& 59573040 * X_{2163} + 3657188926 * X_{2173} + d3^- - d3^+ = \\
& 7535989560
\end{aligned}$$

- Meminimalkan Tenaga kerja yang dibutuhkan.

Tenaga kerja untuk lahan tanaman padi.

$$\begin{aligned}
& 658050000 * X_{111} + 64575000 * X_{121} + 104550000 * X_{131} \\
& + 258300000 * X_{141} + 104550000 * X_{151} + 76875000 * X_{161} \\
& + 516600000 * X_{171} + 113775000 * X_{181} + \\
& 116850000 * X_{191} + 64575000 * X_{1101} + \\
& 209100000 * X_{1111} + 378225000 * X_{1121} + \\
& 150675000 * X_{1131} + 61500000 * X_{1141} + \\
& 1064565000 * X_{1151} + 61500000 * X_{1161} + \\
& 3775485000 * X_{1171} + 658050000 * X_{112} + 64575000 * X_{122} \\
& + 104550000 * X_{132} + 258300000 * X_{142} + \\
& 104550000 * X_{152} + 76875000 * X_{162} + 516600000 * X_{172} \\
& + 113775000 * X_{182} + 116850000 * X_{192} + \\
& 64575000 * X_{1102} + 209100000 * X_{1112} + \\
& 378225000 * X_{1122} + 150675000 * X_{1132} + \\
& 61500000 * X_{1142} + 1064565000 * X_{1152} + \\
& 61500000 * X_{1162} + 3775485000 * X_{1172} + 658050000 * X_{113} \\
& + 64575000 * X_{123} + 104550000 * X_{133} + \\
& 258300000 * X_{143} + 104550000 * X_{153} + 76875000 * X_{163} \\
& + 516600000 * X_{173} + 113775000 * X_{183} + \\
& 116850000 * X_{193} + 64575000 * X_{1103} + 209100000 * X_{1113} \\
& + 378225000 * X_{1123} + 150675000 * X_{1133} + \\
& 61500000 * X_{1143} + 1064565000 * X_{1153} + 61500000 * X_{1163} \\
& + 3775485000 * X_{1173} + d4^- - d4^+ = 7779750000
\end{aligned}$$

Tenaga kerja untuk lahan tanaman palawija :

$$\begin{aligned}
 & 570310000 * X_{211} + 55965000 * X_{221} + 90610000 * X_{231} \\
 & + 223860000 * X_{241} + 90610000 * X_{251} + 66625000 * X_{261} \\
 & + 447720000 * X_{271} + 98605000 * X_{281} + 101270000 * X_{291} \\
 & + 55965000 * X_{2101} + 181220000 * X_{2111} + \\
 & 327795000 * X_{2121} + 130585000 * X_{2131} + 53300000 * X_{2141} \\
 & + 922623000 * X_{2151} + 53300000 * X_{2161} + \\
 & 3272087000 * X_{2171} + 570310000 * X_{212} + 55965000 * X_{222} \\
 & + 90610000 * X_{232} + 223860000 * X_{242} + 90610000 * X_{252} \\
 & + 66625000 * X_{262} + 447720000 * X_{272} + 98605000 * X_{282} \\
 & + 101270000 * X_{292} + 55965000 * X_{2102} + \\
 & 181220000 * X_{2112} + 327795000 * X_{2122} + \\
 & 130585000 * X_{2132} + 53300000 * X_{2142} + \\
 & 922623000 * X_{2152} + 53300000 * X_{2162} + \\
 & 3272087000 * X_{2172} + 570310000 * X_{213} + 55965000 * X_{223} \\
 & + 90610000 * X_{233} + 223860000 * X_{243} + 90610000 * X_{253} \\
 & + 66625000 * X_{263} + 447720000 * X_{273} + 98605000 * X_{283} \\
 & + 101270000 * X_{293} + 55965000 * X_{2103} + \\
 & 181220000 * X_{2113} + 327795000 * X_{2123} + \\
 & 130585000 * X_{2133} + 53300000 * X_{2143} + \\
 & 922623000 * X_{2153} + 53300000 * X_{2163} + \\
 & 3272087000 * X_{2173} + d5^- - d5^+ = 6742450000
 \end{aligned}$$

- Meminimalkan kebutuhan pupuk pada tiap bangunan.

Kebutuhan pupuk untuk lahan tanaman padi.

$$\begin{aligned}
 & 262107200 * X_{111} + 25720800 * X_{121} + 41643200 * X_{131} + \\
 & 102883200 * X_{141} + 41643200 * X_{151} + \\
 & 30620000 * X_{161} + 205766400 * X_{171} + 45317600 * X_{181} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 46542400 * X_{191} + 25720800 * X_{1101} + 83286400 * X_{1111} \\
& + 150650400 * X_{1121} + 60015200 * X_{1131} + \\
& 24496000 * X_{1141} + 424025760 * X_{1151} + 24496000 * X_{1161} \\
& + 1503809440 * X_{1171} + 262107200 * X_{112} + 25720800 * X_{122} \\
& + 41643200 * X_{132} + 102883200 * X_{142} + 41643200 * X_{152} \\
& + 30620000 * X_{162} + 205766400 * X_{172} + 45317600 * X_{182} \\
& + 46542400 * X_{192} + 25720800 * X_{1102} + \\
& 83286400 * X_{1112} + 150650400 * X_{1122} + 60015200 * X_{1132} \\
& + 24496000 * X_{1142} + 424025760 * X_{1152} + \\
& 24496000 * X_{1162} + 1503809440 * X_{1172} + 262107200 * X_{113} \\
& + 25720800 * X_{123} + 41643200 * X_{133} + 102883200 * X_{143} \\
& + 41643200 * X_{153} + 30620000 * X_{163} + \\
& 205766400 * X_{173} + 45317600 * X_{183} + \\
& 46542400 * X_{193} + 25720800 * X_{1103} + 83286400 * X_{1113} \\
& + 150650400 * X_{1123} + 60015200 * X_{1133} + \\
& 24496000 * X_{1143} + 424025760 * X_{1153} + 24496000 * X_{1163} \\
& + 1503809440 * X_{1173} + d6^- - d6^+ = 2098744000
\end{aligned}$$

Kebutuhan pupuk untuk lahan tanaman padi.

$$\begin{aligned}
& 301847000 * X_{211} + 29620500 * X_{221} + 47957000 * X_{231} + \\
& 118482000 * X_{241} + 47957000 * X_{251} + \\
& 35262500 * X_{261} + 236964000 * X_{271} + 52188500 * X_{281} + \\
& 53599000 * X_{291} + 29620500 * X_{2101} + 95914000 * X_{2111} \\
& + 173491500 * X_{2121} + 69114500 * X_{2131} + \\
& 28210000 * X_{2141} + 488315100 * X_{2151} + 28210000 * X_{2161} \\
& + 1731811900 * X_{2171} + 301847000 * X_{212} + 29620500 * X_{222} \\
& + 47957000 * X_{232} + 118482000 * X_{242} + 47957000 * X_{252} \\
& + 35262500 * X_{262} + 236964000 * X_{272} + 52188500 * X_{282} \\
& + 53599000 * X_{292} + 29620500 * X_{2102} + \\
& 95914000 * X_{2112} + 173491500 * X_{2122} + 69114500 * X_{2132} \\
& + 28210000 * X_{2142} + 488315100 * X_{2152} + \\
& 28210000 * X_{2162} + 1731811900 * X_{2172} + 301847000 * X_{213} \\
& + 29620500 * X_{223} + 47957000 * X_{233} + 118482000 * X_{243}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 47957000 * X_{253} + 35262500 * X_{263} + 236964000 * X_{273} \\
& + 52188500 * X_{283} + 53599000 * X_{293} + 29620500 * X_{2103} \\
& + 95914000 * X_{2113} + 173491500 * X_{2123} + \\
& 69114500 * X_{2133} + 28210000 * X_{2143} + 488315100 * X_{2153} \\
& + 28210000 * X_{2163} + 1731811900 * X_{2173} + d_7^- - d_7^+ = \\
& 2568565000
\end{aligned}$$

Fungsi tujuan yang baru (fungsi tujuan pada *goal programming*) terdiri dari variabel deviasi dengan ketentuan untuk menentukan fungsi tujuan yang baru pada *goal programming*, yaitu :

1. Jika formula awal yang ditambahkan variabel deviasi adalah $y_i \geq 0$, maka fungsi tujuan yang baru adalah meminimalkan d_j^- .
2. Jika formula awal yang ditambahkan variabel deviasi adalah $y_i \leq 0$, maka fungsi tujuan yang baru adalah meminimalkan d_j^+ .
3. Jika formula awal yang ditambahkan variabel deviasi adalah $y_i = 0$, maka fungsi tujuan yang baru adalah meminimalkan d_j^- dan d_j^+ .

Berdasarkan ketentuan tersebut maka tujuan *goal programming* menjadi :

Goal 1 :

$$\text{Min } Z = \sum d_1^-$$

Goal 2 :

$$\text{Min } Z = \sum d_2^+$$

$$\text{Min } Z = \sum d_3^+$$

Goal 3 :

$$\text{Min } Z = \sum d_4^-$$

$$\text{Min } Z = \sum d5^-$$

Goal 4 :

$$\text{Min } Z = \sum d6^-$$

$$\text{Min } Z = \sum d7^-$$

Sehingga fungsi tujuan baru yaitu sebagai berikut:

$$\text{Min } Z \text{ Deviasi} = d1^- + d2^+ + d3^+ + d4^- + d5^- + d6^- + d7^-$$

4.5.3. Perumusan Batasan Goal Programming

Setelah model Linear Programming diubah menjadi Goal Programming maka ada beberapa batasan tambahan batasan yang akan diperhitungkan. Berikut adalah batasan-batasan yang akan menjadi batasan dalam Goal Programming.

Batasan 1: Luasan Maksimum. Dimana luas dari bangunan luas tanam ke-j pada tanaman ke-i dan musim ke-k tidak melebihi dari luas total.

Sehingga batasannya menjadi :

$$\begin{aligned} & X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + \\ & X181 + X191 + X1101 + X1111 + X1121 + X1131 + X1141 \\ & + X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 + X241 \\ & + X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 \\ & + X2121 + X2131 + X2141 + X2151 + X2161 + X2171 + \\ & X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 + X172 + \\ & X182 + X192 + X1102 + X1112 + X1122 + X1132 + X1142 \\ & + X1152 + X1162 + X1172 + X212 + X222 + X232 + X242 \\ & + X252 + X262 + X272 + X282 + X292 + X2102 + X2112 \\ & + X2122 + X2132 + X2142 + X2152 + X2162 + X2172 + \\ & X113 + X123 + X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + \\ & X183 + X193 + X1103 + X1113 + X1123 + X1133 + X1143 \\ & + X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 + X243 \end{aligned}$$

60

$$+ X253 + X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 \\ + X2123 + X2133 + X2143 + X2153 + X2163 + X2173 \leq \\ 1265$$

Batasan 2 : Kebutuhan air pada pintu pengambilan disetiap BPL pada tanaman ke-i dan musim ke-k tidak melebihi volume andalan yang tersedia.

Kebutuhan air pada musim hujan :

$$7516.157407 * X111 + 7516.157407 * X121 + \\ 7516.157407 * X131 + 7516.157407 * X141 + \\ 7516.157407 * X151 + 7516.157407 * X161 + \\ 7516.157407 * X171 + 7516.157407 * X181 + \\ 7516.157407 * X191 + 7516.157407 * X1101 + \\ 7516.157407 * X1111 + 7516.157407 * X1121 + \\ 7516.157407 * X1131 + 7516.157407 * X1141 + \\ 7516.157407 * X1151 + 7516.157407 * X1161 + \\ 7516.157407 * X1171 + 1086.13 * X211 + 1086.13 * X221 \\ + 1086.13 * X231 + 1086.13 * X241 + 1086.13 * X251 \\ + 1086.13 * X261 + 1086.13 * X271 + 1086.13 * X281 \\ + 1086.13 * X291 + 1086.13 * X2101 + 1086.13 * X2111 \\ + 1086.13 * X2121 + 1086.13 * X2131 + 1086.13 * X2141 \\ + 1086.13 * X2151 + 1086.13 * X2161 + 1086.13 * X2171 \leq \\ 1996816.656$$

Kebutuhan air pada musim kemarau 1 :

$$8065.810185 * X112 + 8065.810185 * X122 + \\ 8065.810185 * X132 + 8065.810185 * X142 + \\ 8065.810185 * X152 + 8065.810185 * X162 + \\ 8065.810185 * X172 + 8065.810185 * X182 + \\ 8065.810185 * X192 + 8065.810185 * X1102 + \\ 8065.810185 * X1112 + 8065.810185 * X1122 + \\ 8065.810185 * X1132 + 8065.810185 * X1142 + \\ 8065.810185 * X1152 + 8065.810185 * X1162 + \\ 8065.810185 * X1172 + 1260.75 * X212 + 1260.75 * X222$$

$$\begin{aligned}
& + 1260.75 * X_{232} & + 1260.75 * X_{242} & + 1260.75 * X_{252} \\
& + 1260.75 * X_{262} & + 1260.75 * X_{272} & + 1260.75 * X_{282} \\
& + 1260.75 * X_{292} & + 1260.75 * X_{2102} & + 1260.75 * X_{2112} \\
& + 1260.75 * X_{2122} & + 1260.75 * X_{2132} & + 1260.75 * X_{2142} \\
& + 1260.75 * X_{2152} + 1260.75 * X_{2162} & + 1260.75 * X_{2172} \leq \\
& 2199422.965
\end{aligned}$$

Kebutuhan air pada musim kemarau 2 :

$$\begin{aligned}
& 12459.375 * X_{113} & + 12459.375 * X_{123} & + 12459.375 * X_{133} \\
& + 12459.375 * X_{143} & + 12459.375 * X_{153} & + 12459.375 * X_{163} \\
& + 12459.375 * X_{173} & + 12459.375 * X_{183} & + 12459.375 * X_{193} \\
& + 12459.375 * X_{1103} & + 12459.375 * X_{1113} & + 12459.375 * X_{1123} \\
& + 12459.375 * X_{1133} & + 12459.375 * X_{1143} & + 12459.375 * X_{1153} \\
& + 12459.375 * X_{1163} & + 12459.375 * X_{1173} & + 3852.677 * X_{213} \\
& + 3852.677 * X_{223} & + 3852.677 * X_{233} & + 3852.677 * X_{243} \\
& + 3852.677 * X_{253} & + 3852.677 * X_{263} & + 3852.677 * X_{273} + \\
& 3852.677 * X_{283} & + 3852.677 * X_{293} & + 3852.677 * X_{2103} + \\
& 3852.677 * X_{2113} & + 3852.677 * X_{2123} & + 3852.677 * X_{2133} + \\
& 3852.677 * X_{2143} & + 3852.677 * X_{2153} & + 3852.677 * X_{2163} \\
& + 3852.677 * X_{2173} \leq 1659831.324
\end{aligned}$$

Batasan 3 : Luas areal irigasi tidak boleh melebihi areal potensial masing-masing BPL .

$$\begin{aligned}
& X_{111} + X_{211} + X_{112} + X_{212} + X_{113} + X_{213} \leq 107 \\
& X_{121} + X_{221} + X_{122} + X_{222} + X_{123} + X_{223} \leq 10.5 \\
& X_{131} + X_{231} + X_{132} + X_{232} + X_{133} + X_{233} \leq 17 \\
& X_{141} + X_{241} + X_{142} + X_{242} + X_{143} + X_{243} \leq 42 \\
& X_{151} + X_{251} + X_{152} + X_{252} + X_{153} + X_{253} \leq 17 \\
& X_{161} + X_{261} + X_{162} + X_{262} + X_{163} + X_{263} \leq 12.5 \\
& X_{171} + X_{271} + X_{172} + X_{272} + X_{173} + X_{273} \leq 84 \\
& X_{181} + X_{281} + X_{182} + X_{282} + X_{183} + X_{283} \leq 18.5 \\
& X_{191} + X_{291} + X_{192} + X_{292} + X_{193} + X_{293} \leq 19 \\
& X_{1101} + X_{2101} + X_{1102} + X_{2102} + X_{1103} + X_{2103} \leq 10.5 \\
& X_{1111} + X_{2111} + X_{1112} + X_{2112} + X_{1113} + X_{2113} \leq 34
\end{aligned}$$

$$X1121 + X2121 + X1122 + X2122 + X1123 + X2123 \leq 61.5$$

$$X1131 + X2131 + X1132 + X2132 + X1133 + X2133 \leq 24.5$$

$$X1141 + X2141 + X1142 + X2142 + X1143 + X2143 \leq 10$$

$$X1151 + X2151 + X1152 + X2152 + X1153 + X2153 \leq 173.1$$

$$X1161 + X2161 + X1162 + X2162 + X1163 + X2163 \leq 10$$

$$X1171 + X2171 + X1172 + X2172 + X1173 + X2173 \leq 613.9$$

Batasan 4 : Batasan Luasan BPL pada setiap musim.

Total luas lahan pada musim hujan.

$$\begin{aligned} &X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + \\ &X181 + X191 + X1101 + X1111 + X1121 + X1131 + X1141 \\ &+ X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 + X241 \\ &+ X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 \\ &+ X2121 + X2131 + X2141 + X2151 + X2161 + X2171 \leq \\ &1265 \end{aligned}$$

Total luas lahan pada musim kemarau 1.

$$\begin{aligned} &X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 + X172 + \\ &X182 + X192 + X1102 + X1112 + X1122 + X1132 + X1142 \\ &+ X1152 + X1162 + X1172 + X212 + X222 + X232 + X242 \\ &+ X252 + X262 + X272 + X282 + X292 + X2102 + X2112 \\ &+ X2122 + X2132 + X2142 + X2152 + X2162 + X2172 \leq \\ &1265 \end{aligned}$$

Total luas lahan pada musim kemarau 2.

$$\begin{aligned} &X113 + X123 + X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + \\ &X183 + X193 + X1103 + X1113 + X1123 + X1133 + X1143 \\ &+ X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 + X243 \\ &+ X253 + X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 \\ &+ X2123 + X2133 + X2143 + X2153 + X2163 + X2173 \leq \\ &1265 \end{aligned}$$

Batasan 7 : Batasan non-negatif dari variabel lainnya. Dimana lahan yang digunakan tidak boleh kurang dari 0 atau dengan kata lain variabel keputusan tidak boleh kurang dari 0.

$$X111, X121, X131.....X2173 \geq 0$$

Batasan 8: Batasan lainnya dari variabel deviasi.

$$d_j^- d_j^+ = 0$$
$$d_j^-, d_j^+ \geq 0; j = 1,$$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V IMPLEMENTASI

Pada bab ini berisi tentang proses-proses yang digunakan dalam melakukan implementasi pencarian hasil yang paling optimal dari studi kasus Tugas Akhir ini dengan menggunakan tool Lingo.

5.1. Penyelesaian Model dengan Lingo

Pada tahap ini dilakukan uji coba terhadap pengimplementasian model goal programming yang telah dirancang dengan menggunakan Lingo. Langkah awal yang dilakukan adalah membuat goal programming menjadi linear programming. Penyelesaian permasalahan goal programming pada lingo dapat diselesaikan dengan cara yang hampir sama dengan penyelesaian permasalahan pada linear programming.

5.2.1. Menentukan Fungsi Tujuan

Berikut adalah tahap pengisian fungsi tujuan sesuai model yang dibuat sebelumnya, yaitu meminimalkan variabel deviasi dari seluruh goal. Skrip 5. 1 dimasukkan pada Lingo sebagai fungsi tujuan.

```
!variabel keputusan
X111,X121....X2173

d1, d4, d5, d6, d7 --> deviasi bawah
d2, d3 --> deviasi atas;

MIN = d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6 + d7;
```

Skrip 5. 1. Memasukkan Fungsi Tujuan Goal Programming

5.2.2. Memasukkan Batasan

Selanjutnya memasukkan batasan sesuai dengan batasan yang sudah dimodelkan sebelumnya. Seperti diketahui luas

maksimal daerah irigasi parit lumpatan sebesar 1265 Ha. Skrip 5. 2 adalah skrip batasan untuk luas maksimal lahan irigasi.

```
!TotalLahan:
X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + X181 + X191 + X1101 +
X1111 + X1121 + X1131 + X1141 + X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 +
X241 + X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 + X2121 + X2131 +
X2141 + X2151 + X2161 + X2171 + X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 +
X172 + X182 + X192 + X1102 + X1112 + X1122 + X1132 + X1142 + X1152 + X1162 +
X1172 + X212 + X222 + X232 + X242 + X252 + X262 + X272 + X282 + X292 +
X2102 + X2112 + X2122 + X2132 + X2142 + X2152 + X2162 + X2172 + X113 + X123 +
X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + X183 + X193 + X1103 + X1113 + X1123 +
X1133 + X1143 + X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 + X243 + X253 +
X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 + X2123 + X2133 + X2143 + X2153 +
X2163 + X2173 <= 1265;
```

Skrip 5. 2. Memasukkan Batasan Total Lahan

Selanjutnya memasukkan batasan tujuan kebutuhan air yang telah dimodel sebelumnya seperti pada Skrip 5. 3. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya target goal atau fungsi tujuan pada goal programming juga bertindak sebagai batasan.

```
!Kebutuhan Air:
7516.157407*X111 + 7516.157407*X121 + 7516.157407*X131 + 7516.157407*X141 +
7516.157407*X151 + 7516.157407*X161 + 7516.157407*X171 + 7516.157407*X181 +
7516.157407*X191 + 7516.157407*X1101 + 7516.157407*X1111 + 7516.157407*X1121 +
7516.157407*X1131 + 7516.157407*X1141 + 7516.157407*X1151 + 7516.157407*X1161 +
7516.157407*X1171 + 8065.810185*X112 + 8065.810185*X122 + 8065.810185*X132 +
8065.810185*X142 + 8065.810185*X152 + 8065.810185*X162 + 8065.810185*X172 +
8065.810185*X182 + 8065.810185*X192 + 8065.810185*X1102 + 8065.810185*X1112 +
8065.810185*X1122 + 8065.810185*X1132 + 8065.810185*X1142 + 8065.810185*X1152 +
8065.810185*X1162 + 8065.810185*X1172 + 12459.375*X113 + 12459.375*X123 +
12459.375*X133 + 12459.375*X143 + 12459.375*X153 + 12459.375*X163 +
12459.375*X173 + 12459.375*X183 + 12459.375*X193 + 12459.375*X1103 +
12459.375*X1113 + 12459.375*X1123 + 12459.375*X1133 + 12459.375*X1143 +
12459.375*X1153 + 12459.375*X1163 + 12459.375*X1173 + 1086.13*X211 +
1086.13*X221 + 1086.13*X231 + 1086.13*X241 + 1086.13*X251 +
1086.13*X261 + 1086.13*X271 + 1086.13*X281 + 1086.13*X291 +
1086.13*X2101 + 1086.13*X2111 + 1086.13*X2121 + 1086.13*X2131 +
1086.13*X2141 + 1086.13*X2151 + 1086.13*X2161 + 1086.13*X2171 +
1260.75*X222 + 1260.75*X232 + 1260.75*X242 +
1260.75*X252 + 1260.75*X262 + 1260.75*X272 + 1260.75*X282 +
1260.75*X292 + 1260.75*X2102 + 1260.75*X2112 + 1260.75*X2122 +
1260.75*X2132 + 1260.75*X2142 + 1260.75*X2152 + 1260.75*X2162 +
1260.75*X2172 + 3852.677*X213 + 3852.677*X223 + 3852.677*X233 +
3852.677*X243 + 3852.677*X253 + 3852.677*X263 + 3852.677*X273 +
3852.677*X283 + 3852.677*X293 + 3852.677*X2103 + 3852.677*X2113 +
3852.677*X2123 + 3852.677*X2133 + 3852.677*X2143 + 3852.677*X2153 +
3852.677*X2163 + 3852.677*X2173 + d1 = 5856070.945;
```

Skrip 5. 3. Memasukkan Batasan Tujuan Kebutuhan Air

Pada Skrip 5. 4 dimasukkan batasan luas maksimal lahan tiap musim untuk membedakan musim yang ada dan tidak boleh melebihi luas total.

```

!LuasMaksPerMusim;
X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + X181 + X191 + X1101 +
X1111 + X1121 + X1131 + X1141 + X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 +
X241 + X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 + X2121 + X2131 +
X2141 + X2151 + X2161 + X2171 <= 1265;

X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 + X172 + X182 + X192 + X1102 +
X1112 + X1122 + X1132 + X1142 + X1152 + X1162 + X1172 + X212 + X222 + X232 +
X242 + X252 + X262 + X272 + X282 + X292 + X2102 + X2112 + X2122 + X2132 +
X2142 + X2152 + X2162 + X2172 <= 1265;

X113 + X123 + X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + X183 + X193 + X1103 +
X1113 + X1123 + X1133 + X1143 + X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 +
X243 + X253 + X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 + X2123 + X2133 +
X2143 + X2153 + X2163 + X2173 <= 1265;

```

Skrip 5. 4. Batasan Luas Lahan per Musim

Untuk batasan kebutuhan air tiap musim di masukkan nilai kebutuhan air tiap musim dimana kebutuhan air tidak boleh melebihi volume air yang tersedia (air yang masuk) pada setiap musimnya seperti pada Skrip 5. 5.

!Kebutuhan Air Tiap Bangunan dan Tiap Musim/				
7516.157407*X111	+ 7516.157407*X121	+ 7516.157407*X131	+ 7516.157407*X141	+
7516.157407*X151	+ 7516.157407*X161	+ 7516.157407*X171	+ 7516.157407*X181	+
7516.157407*X191	+ 7516.157407*X1101	+ 7516.157407*X1111	+ 7516.157407*X1121	+
7516.157407*X1131	+ 7516.157407*X1141	+ 7516.157407*X1151	+ 7516.157407*X1161	+
7516.157407*X1171	+ 1086.13*X211	+ 1086.13*X221	+ 1086.13*X231	+
1086.13*X241	+ 1086.13*X251	+ 1086.13*X261	+ 1086.13*X271	+
1086.13*X281	+ 1086.13*X291	+ 1086.13*X2101	+ 1086.13*X2111	+
1086.13*X2121	+ 1086.13*X2131	+ 1086.13*X2141	+ 1086.13*X2151	+
1086.13*X2161	+ 1086.13*X2171	<= 1996816.656;		
8065.810185*X112	+ 8065.810185*X122	+ 8065.810185*X132	+ 8065.810185*X142	+
8065.810185*X152	+ 8065.810185*X162	+ 8065.810185*X172	+ 8065.810185*X182	+
8065.810185*X192	+ 8065.810185*X1102	+ 8065.810185*X1112	+ 8065.810185*X1122	+
8065.810185*X1132	+ 8065.810185*X1142	+ 8065.810185*X1152	+ 8065.810185*X1162	+
8065.810185*X1172	+ 1260.75*X222	+ 1260.75*X222	+ 1260.75*X232	+
1260.75*X242	+ 1260.75*X252	+ 1260.75*X262	+ 1260.75*X272	+
1260.75*X282	+ 1260.75*X292	+ 1260.75*X2102	+ 1260.75*X2112	+
1260.75*X2122	+ 1260.75*X2132	+ 1260.75*X2142	+ 1260.75*X2152	+
1260.75*X2162	+ 1260.75*X2172	<= 2199422.965;		
12459.375*X113	+ 12459.375*X123	+ 12459.375*X133	+ 12459.375*X143	+
12459.375*X153	+ 12459.375*X163	+ 12459.375*X173	+ 12459.375*X183	+
12459.375*X193	+ 12459.375*X1103	+ 12459.375*X1113	+ 12459.375*X1123	+
12459.375*X1133	+ 12459.375*X1143	+ 12459.375*X1153	+ 12459.375*X1163	+
12459.375*X1173	+ 3852.677*X213	+ 3852.677*X223	+ 3852.677*X233	+
3852.677*X243	+ 3852.677*X253	+ 3852.677*X263	+ 3852.677*X273	+
3852.677*X283	+ 3852.677*X293	+ 3852.677*X2103	+ 3852.677*X2113	+
3852.677*X2123	+ 3852.677*X2133	+ 3852.677*X2143	+ 3852.677*X2153	+
3852.677*X2163	+ 3852.677*X2173	<= 1659831.324;		

Skrip 5. 5. Batasan Kebutuhan Air per Musim

Selanjutnya digunakan luas per bangunan BPL disetiap musim tidak boleh melebihi luas areal per bangunan BPL seperti Skrip 5. 6.

```

!Luas per BPL;
X111 + X211 + X112 + X212 + X113 + X213 <= 107;
X121 + X221 + X122 + X222 + X123 + X223 <= 10.5;
X131 + X231 + X132 + X232 + X133 + X233 <= 17;
X141 + X241 + X142 + X242 + X143 + X243 <= 42;
X151 + X251 + X152 + X252 + X153 + X253 <= 17;
X161 + X261 + X162 + X262 + X163 + X263 <= 12.5;
X171 + X271 + X172 + X272 + X173 + X273 <= 84;
X181 + X281 + X182 + X282 + X183 + X283 <= 18.5;
X191 + X291 + X192 + X292 + X193 + X293 <= 19;
X1101 + X2101 + X1102 + X2102 + X1103 + X2103 <= 10.5;
X1111 + X2111 + X1112 + X2112 + X1113 + X2113 <= 34;
X1121 + X2121 + X1122 + X2122 + X1123 + X2123 <= 61.5;
X1131 + X2131 + X1132 + X2132 + X1133 + X2133 <= 24.5;
X1141 + X2141 + X1142 + X2142 + X1143 + X2143 <= 10;
X1151 + X2151 + X1152 + X2152 + X1153 + X2153 <= 173.1;
X1161 + X2161 + X1162 + X2162 + X1163 + X2163 <= 10;
X1171 + X2171 + X1172 + X2172 + X1173 + X2173 <= 613.9;

```

Skrup 5. 6. Batasan Luasan per Bangunan BPL

Selanjutnya batasan tujuan kedua dan ketiga yaitu pendapatan bersih atau hasil keuntungan berdasarkan analisa hasil tani dikali dengan luas areal lebih dari target dapat dilihat pada Skrup 5. 7

```

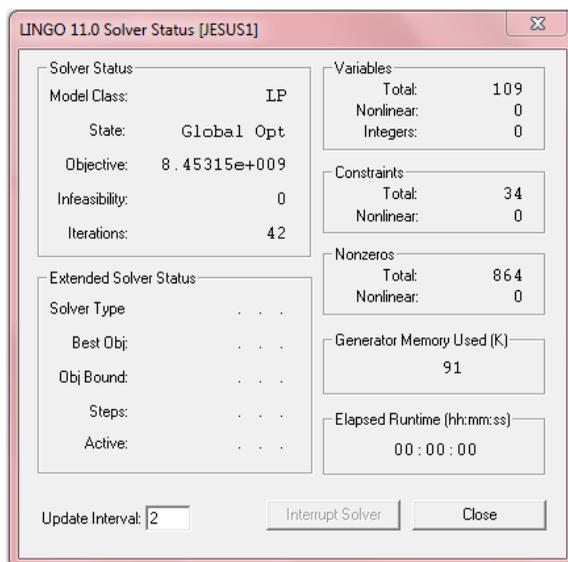
Pendapatan Bersih1;
507589168*X111 + 49810132*X112 + 83645008*X113 + 188240408*X141 + 80645008*X155 +
59297800*X161 + 398481216*X171 + 27760788*X181 + 50132896*X191 + 49810132*X201 +
161296016*X1101 + 291745176*X1102 + 116223488*X1103 + 47438240*X1141 + 821155936*X1151 +
47438240*X1161 + 2912235584*X1171 + 537558168*X1172 + 43810132*X1173 + 80688008*X132 +
199240408*X142 + 80645008*X152 + 59297800*X162 + 398481216*X172 + 87760744*X182 +
30132896*X192 + 49810132*X202 + 161296016*X1102 + 291745176*X1103 + 116223488*X1113 +
47438240*X1142 + 821155936*X1152 + 47438240*X1162 + 2912235584*X1172 + 507589168*X118 +
49810132*X123 + 80645008*X133 + 199240408*X143 + 80645008*X153 + 59297800*X163 +
398481216*X173 + 87760744*X183 + 30132896*X193 + 49810132*X203 + 161296016*X1103 +
291745176*X1103 + 116223488*X1113 + 47438240*X1143 + 821155936*X1153 + 47438240*X1163 +
2912235584*X1173 + d2 = 6000937380;
637431528*X211 + 62551692*X212 + 101274168*X201 + 250294768*X241 + 101274168*X251 +
74466300*X261 + 500413536*X271 + 110220124*X281 + 113188776*X291 + 62551692*X301 +
202648984*X111 + 366374194*X112 + 145959948*X113 + 59573040*X114 + 1091208922*X115 +
39573040*X116 + 365718926*X117 + 837431528*X12 + 62551692*X22 + 101274168*X32 +
250294768*X42 + 101274168*X52 + 74466300*X62 + 500413536*X72 + 110220124*X82 +
113188776*X92 + 62551692*X102 + 202648984*X112 + 366374194*X122 + 145959948*X132 +
39573040*X142 + 1091208922*X152 + 365718926*X162 + 837431528*X172 + 62551692*X23 +
250294768*X24 + 101274168*X25 + 74466300*X26 +
500413536*X27 + 110220124*X28 + 113188776*X29 + 62551692*X30 + 202648984*X113 +
366374194*X123 + 145959948*X133 + 39573040*X143 + 1091208922*X153 + 365718926*X163 +
365718926*X173 + d3 = 7535989560;

```

Skrup 5. 7. Batasan Tujuan Keuntungan Tanaman Padi dan Tanaman Palawija

5.2.3. Menjalankan Fungsi Optimasi

Setelah memasukkan skrip seluruh fungsi tujuan dan batasan yang ada, maka dilakukan optimasi dengan menggunakan solver pada aplikasi Lingo maka akan muncul jendela seperti status pada Gambar 5. 1.



Gambar 5. 1. Menjalankan Fungsi Optimasi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi proses verifikasi, validasi dan analisis terhadap hasil yang telah diperoleh dari proses implementasi yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada bagian ini akan dijelaskan solusi alternatif dari seluruh uji coba yang dilakukan.

6.1. Lingkungan Uji Coba

Lingkungan uji coba mendeskripsikan perangkat pengujian yang digunakan dalam menguji model yang digunakan dalam tugas akhir ini. Lingkungan uji coba meliputi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan beserta spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 6. 1.

Tabel 6. 1. Spesifikasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras yang Digunakan Dalam Aplikasi Model

Perangkat Keras	Spesifikasi
Jenis	Notebook
Processor	Core i5
RAM	8 GB
Hard Disk Drive	750 GB

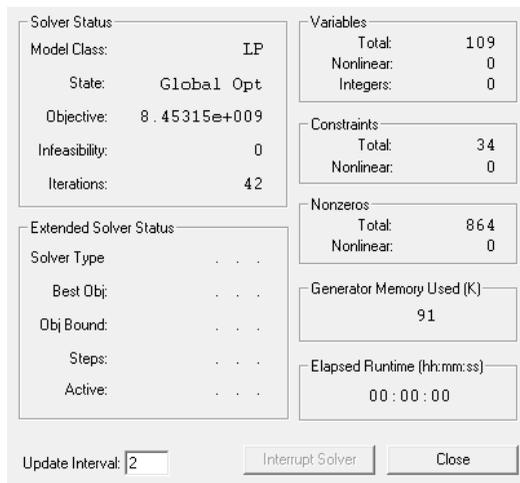
Selanjutnya terdapat lingkungan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba model. Tabel 6. 2. Merupakan daftar perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba model terdapat pada tabel

Tabel 6. 2. Daftar Perangkat Lunak yang Digunakan Dalam Uji Coba Model

Perangkat Lunak	Spesifikasi
Windows 7	Sistem Operasi
Lingo 16	Mengolah Model
NetBeans IDE 7.3.1	Validasi Model

6.2. Verifikasi Model

Pada tahap ini dilakukan verifikasi model untuk memastikan apakah model yang telah dibuat pada LINGO dapat bebas dari error melalui uji coba. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah terdapat kesalahan dalam pembuatan model pada aplikasi yang ditandai dengan adanya tanda error. Salah satu penyebab tanda error muncul pada aplikasi LINGO apabila menggunakan koma pada angka desimal dan tidak menutup dengan (;) pada setiap modelnya. Pada Gambar 6. 1. adalah verifikasi hasil yang dikeluarkan oleh aplikasi LINGO.



Gambar 6. 1. Verifikasi Model LINGO

Aplikasi LINGO juga akan menampilkan apakah model yang telah dibuat tidak memungkinkan dengan memberikan warning bertuliskan *No Feasible Solution*. Jika status infeasibilities yang dihasilkan 0 maka model telah terverifikasi.

Hasil Gambar 6. 1. yang dikeluarkan oleh LINGO, ditemukan solusi optimal dengan ketidakmungkinan (infeasibilities) sebesar 0.000000. Tabel 6. 3. Merupakan sebagian hasil yang dikeluarkan oleh aplikasi LINGO. Untuk melihat hasil seluruhnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 6. 3. Hasil Model-1

Global optimal solution found.		
Objective value:		0.8453147E+10
Infeasibilities:		0.000000
Total solver iterations:		42
Variable	Value	Reduced Cost
D1	4790655.	0.000000
D2	0.1936571E+10	0.000000
D3	0.2111770E+10	0.000000
D4	0.2510614E+10	0.000000
D5	0.1889401E+10	0.000000
D6	0.000000	5.447474
D7	0.000000	5.001243
XI1A	0.000000	68352.07
XI2A	0.000000	4943.218
XI3A	0.000000	4943.218
XI4A	0.000000	22263.89
XI5A	0.000000	4943.218
XI6A	0.000000	4943.218
XI7A	0.000000	52043.94
XI8A	0.000000	5702.632
XI9A	0.000000	5955.770
XI10A	0.000000	4943.218
XI11A	0.000000	16591.50
XI12A	0.000000	36090.35
XI13A	0.000000	9855.539
XI14A	0.000000	4943.218
XI15A	0.000000	115220.2
XI16A	0.000000	4943.218
XI17A	0.000000	427768.5
XJ1A	0.000000	20610.52
XJ2A	0.000000	6057.943
XJ3A	0.000000	2766.547
XJ4A	0.000000	7430.314
XJ5A	0.000000	2766.547
XJ6A	0.000000	5044.791
XJ7A	0.000000	15946.76
XJ8A	0.000000	2766.547

Tabel 6. 4. Hasil Model-2

XJ9A	0.000000	2766.547
XJ10A	0.000000	6057.343
XJ11A	0.000000	5808.134
XJ12A	0.000000	11384.38
XJ13A	0.000000	3881.796
XJ14A	0.000000	6310.481
XJ15A	0.000000	34014.19
XJ16A	0.000000	6310.481
XJ17A	0.000000	123395.5
XI1B	0.000000	67802.41
XI2B	0.000000	4393.565
XI3B	0.000000	4393.565
XI4B	0.000000	21714.24
XI5B	0.000000	4393.565
XI6B	0.000000	4393.565
XI7B	0.000000	51494.29
XI8B	0.000000	5152.979
XI9B	0.000000	5406.118
XI10B	0.000000	4393.565
XI11B	0.000000	16041.85
XI12B	0.000000	35540.69
XI13B	0.000000	9305.886
XI14B	0.000000	4393.565
XI15B	0.000000	114670.5
XI16B	0.000000	4393.565
XI17B	0.000000	427218.9
XJ1B	0.000000	20435.90
XJ2B	0.000000	5882.723
XJ3B	0.000000	2591.927
XJ4B	0.000000	7255.694
XJ5B	0.000000	2591.927
XJ6B	0.000000	4870.171
XJ7B	0.000000	15772.14
XJ8B	0.000000	2591.927
XJ9B	0.000000	2591.927
XJ10B	0.000000	5882.723
XJ11B	0.000000	5633.514
XJ12B	0.000000	11209.76
XJ13B	0.000000	3707.176

6.3. Validasi Model

Pada tahap ini dilakukan validasi model untuk menganalisa ketercapaian hasil yang dihasilkan oleh LINGO. Pada tahap ini dilakukan perhitungan terhadap batasan yang ada lalu masukan nilai daripada variabel yang telah didapatkan ke dalam batasan yang ada.

Tabel 6. 5. Rekap Hasil Perhitungan Lingo pada Tanaman Padi

No.	Lahan	Padi		
		Hujan	Kemarau 1	Kemarau 2
1	BPL 1	0	0	0
2	BPL 2	0	0	10,5
3	BPL 3	0	0	0
4	BPL 4	0	0	0
5	BPL 5	0	0	16,47177
6	BPL 6	0	0	12,5
7	BPL 7	0	0	0
8	BPL 8	0	0	0
9	BPL 9	0	0	0
10	BPL 10	0	0	10,5
11	BPL 11	0	0	0
12	BPL 12	0	0	0
13	BPL 13	0	0	0
14	BPL 14	0	0	10
15	BPL 15	0	0	0
16	BPL 16	0	0	10
17	BPL 17	0	0	0

Pada Tabel 6. 6 adalah hasil perhitungan LINGO untuk tanaman palawija pada setiap musim.

Tabel 6. 6. Rekap Hasil Perhitungan Lingo pada Tanaman Palawija

No.	Lahan	Palawija		
		Hujan	Kemarau 1	Kemarau 2
1	BPL 1	0	0	0
2	BPL 2	0	0	0
3	BPL 3	0	0	17
4	BPL 4	0	0	0
5	BPL 5	0	0	0,52823
6	BPL 6	0	0	0
7	BPL 7	0	0	0
8	BPL 8	0	0	18,5
9	BPL 9	0	0	14,22557
10	BPL 10	0	0	0
11	BPL 11	0	0	0
12	BPL 12	0	0	0
13	BPL 13	0	0	0
14	BPL 14	0	0	0
15	BPL 15	0	0	0
16	BPL 16	0	0	0
17	BPL 17	0	0	0

Dilakukan validasi dengan memasukkan nilai variabel yang didapatkan pada LINGO ke dalam batasan yang ada. Tabel 6. 7. merupakan perhitungan validasi pada seluruh batasan.

Tabel 6. 7. Validasi Model Pada Batasan

Keterangan	Batasan	Hasil	Target	Ket
Kebutuhan Total Lahan irigasi pada setiap jenis tanaman dan pada setiap musim	B1	120,226	1265	√
Tanaman pada tidak ditanam pada musim Kemarau 1	B2	0	0	√
Tanaman palawija tidak ditanam pada musim Hujan	B3	0	0	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Hujan	B4	0	1265	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Kemarau 1	B5	0	1265	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Kemarau 2	B6	69,972	1265	√
Kebutuhan air pada tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Hujan	B7	0	1996817	√
Kebutuhan air pada tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Kemarau 1	B8	0	2199423	√
Kebutuhan air pada tanaman padi dan tanaman palawija pada musim Kemarau 2	B9	1065416,1 8	1659831	√

Keterangan	Batasan	Hasil	Target	Ket .
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 1	B10	0	107	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 2	B11	10,5	10,5	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 3	B12	17	17	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 4	B13	0	42	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 5	B14	17,000000 3	17	X
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 6	B15	12,5	12,5	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 7	B16	0	84	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 8	B17	18,5	18,5	√

Keterangan	Batasan	Hasil	Target	Ket
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 9	B18	14,22557	19	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 10	B19	10,5	10,5	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 11	B20	0	34	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 12	B21	0	61,5	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 13	B22	0	24,5	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 14	B23	10	10	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 15	B24	0	173,1	√
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 16	B25	10	10	√

Keterangan	Batasan	Hasil	Target	Ket
Luas tanaman padi dan tanaman palawija pada setiap musim untuk BPL 17	B26	0	613,9	√

Tabel 6. 7. diketahui hasil batasan yang didapatkan oleh LINGO lalu dibandingkan dengan target. Setelah dilakukan analisis didapatkan bahwa ketidaktercapaian pada Batasan 14 (B14) dengan perbedaan 0,000003 dibandingkan dengan target. Setelah dilakukan analisa terhadap seluruh batasan dan menentukan tercapai atau tidak batasan tersebut maka dilakukan perhitungan % ketercapaian dengan menggunakan perhitungan seperti berikut :

$$\text{Ketercapaian}(\%) = \frac{\text{Jumlah Ketercapaian}}{\text{Jumlah Total Batasan}} \times 100\%$$

Maka didapatkan tingkat ketercapaian 96,15% dengan total batasan yang tercapai sebanyak 25 batasan. Dan %ketidaktercapaian yang didapatkan sebesar 3,85%.

6.4. Uji Coba Model Optimasi

Pada tahap ini dilakukan uji coba model optimasi terhadap studi kasus Tugas Akhir ini dengan melakukan beberapa ujicoba skenario. Skenario yang dilakukan untuk mendapatkan proses pencarian alternatif solusi terhadap hasil perhitungan. Skenario dilakukan dengan pemberian prioritas dan bobot terhadap seluruh fungsi tujuan. Berikut merupakan skenario yang akan dibuat:

- a. Perbandingan hasil lingo dengan kondisi eksisting.

- b. Skenario 1
Melakukan optimasi kasus dengan penambahan prioritas utama terhadap fungsi tujuan pendapatan dibandingkan dengan fungsi tujuan lainnya.
- c. Skenario 2
Melakukan optimasi kasus dengan penambahan prioritas utama terhadap fungsi tujuan kebutuhan air dibandingkan dengan fungsi tujuan lainnya.

6.5. Analisa Hasil

Tahap ini adalah analisa hasil dari pencarian solusi optimal pada studi kasus pemanfaatan pola tanam untuk daerah irigasi parit lumpatan dengan menggunakan Program LINGO. Berikut juga dijelaskan hasil daripada skenario yang dibuat.

6.5.1. Analisa Hasil Lingo

Analisa hasil yang telah didapatkan, digunakan untuk melakukan uji coba terhadap skenario berikut beserta hasil yang didapatkan.

Tabel 6. 8. Analisa Hasil Lingo

Deviasi	Uraian	Realisasi	Deviasi	Target	Ket
d1	Kebutuhan Air (m ³ /Ha)	816228,7	4790655	5856070,95	Tidak Tercapai
d2	Pendapatan Padi (Rp)	8.871.046.183	1.936.571.000	6.000.937.360	Tercapai
d3	Pendapatan Palawija (Rp)	5.424.219.090	2.111.770.000	7.535.989.560	Tidak Tercapai
d4	Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Padi (Rp)	11.500.623.553	2.510.614.000	7.779.750.000	Tidak Tercapai

Deviasi	Uraian	Realisasi	Deviasi	Target	Ket
d5	Biaya Kebutuhan Tenaga Kerja Palawija (Rp)	4.853.048.921	1.889.401.000	6.742.450.000	Tercapai
d6	Biaya Kebutuhan Pupuk Padi (Rp)	4.580.801.212	0	2.098.744.000	Tidak Tercapai
d7	Biaya Kebutuhan Pupuk Palawija (Rp)	2.568.564.917	0	2.568.565.000	Tercapai

Tabel 6. 8 merupakan perbandingan realisasi terhadap hasil lingo dengan target.

$$Ketercapaian(\%) = \frac{\text{Jumlah Ketercapaian}}{\text{Jumlah Total Fungsi Tujuan}} \times 100\%$$

Berdasarkan dari seluruh fungsi tujuan yang ada tingkat ketercapaian yang didapatkan sebesar 43%. Ketidak tercapaian fungsi tujuan pada Tabel 6. 8 dikarenakan ketidaksesuaian musim dengan pasokan air yang ada pada musim kemarau 1.

6.5.2. Analisa Hasil Uji Coba

a) Skenario 1

Pada skenario 1 dilakukan untuk mencari alternatif solusi. Pada skenario dilakukan penambahan prioritas pada fungsi tujuan yang didahulukan. Pada skenario ini dilakukan penambahan prioritas terhadap fungsi tujuan pendapatan terdapat pada Tabel 6. 9.

Tabel 6. 9. Pemberian Prioritas Pada Skenario 1

Fungsi Tujuan	Variabel	Bobot	Prioritas
Kebutuhan air	d1	1	0,111111111
Pendapatan Padi	d2	2	0,222222222
Pendapatan Palawija	d3	2	0,222222222
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	1	0,111111111
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	1	0,111111111
Biaya Pupuk Padi	d6	1	0,111111111
Biaya Pupuk Palawija	d7	1	0,111111111
Total		9	1

Tabel 6. 10 merupakan hasil yang didapatkan dari uji coba skenario 1.

Tabel 6. 10. Hasil Pemberian Prioritas Pada Skenario 1

Fungsi Tujuan	Variabel	Deviasi
Kebutuhan air	d1	4790655
Pendapatan Padi	d2	1936571000
Pendapatan Palawija	d3	2111770000
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	2510614000
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	1889401000
Biaya Pupuk Padi	d6	0
Biaya Pupuk Palawija	d7	0

b) Skenario 2

Pada skenario 2 juga dilakukan penambahan prioritas terhadap fungsi tujuan yang didahulukan. Tabel 6. 6 dilakukan skenario dengan melakukan penambahan prioritas terhadap fungsi tujuan kebutuhan air.

Tabel 6. 11. Pemberian Prioritas Pada Skenario 2

Fungsi Tujuan	Variabel	Bobot	Prioritas
Kebutuhan air	d1	2	0,25
Pendapatan Padi	d2	1	0,125
Pendapatan Palawija	d3	1	0,125
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	1	0,125
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	1	0,125
Biaya Pupuk Padi	d6	1	0,125
Biaya Pupuk Palawija	d7	1	0,125
Total		8	1

Tabel 6. 12 Hasil yang didapatkan setelah menambahkan prioritas. Dapat diketahui deviasi yang didapatkan sama seperti skenario 1.

Tabel 6. 12. Hasil Pemberian Prioritas Pada Skenario 2

Fungsi Tujuan	Variabel	Deviasi
Kebutuhan air	d1	4790655
Pendapatan Padi	d2	1936571000
Pendapatan Palawija	d3	2111770000
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	2510614000
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	1889401000
Biaya Pupuk Padi	d6	0
Biaya Pupuk Palawija	d7	0

Dari analisa uji coba skenario 1 dan skenario 2 dinyatakan deviasi yang dihasilkan tidak mengalami perubahan begitu juga dengan nilai variabel yang dihasilkan. Perbedaan hasil skenario 1 dan skenario 2 terletak pada nilai objective value. Objective value pada skenario 1 dihasilkan sebesar

1,37516e+009 sedangkan untuk skenario 2 sebesar 1,05724e+009.

6.5.3. Analisa Hasil Uji Coba Perubahan Prioritas

Berdasarkan skenario 1 dan skenario 2 didapatkan bahwa deviasi setiap fungsi tujuan adalah sama. Perbedaan diantara kedua skenario 1 dan skenario 2 adalah pada nilai *objective value*. *Objective value* merupakan nilai *min Z* dari hasil optimasi dengan penambahan prioritas. Maka dilakukan perbandingan hasil *objective value* pada penambahan prioritas.

Tabel 6. 13. Uji Coba Perubahan Prioritas

Fungsi Tujuan	Variabel	Bobot	Prioritas	Objective Value
Kebutuhan air	d1	1	0,036	1060849000
Pendapatan Padi	d2	2	0,071	
Pendapatan Palawija	d3	3	0,107	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	4	0,143	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	5	0,179	
Biaya Pupuk Padi	d6	6	0,214	
Biaya Pupuk Palawija	d7	7	0,250	
Kebutuhan air	d1	2	0,071	1363268000
Pendapatan Padi	d2	3	0,107	
Pendapatan Palawija	d3	4	0,143	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	5	0,179	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	6	0,214	

Fungsi Tujuan	Variabel	Bobot	Prioritas	Objective Value
Biaya Pupuk Padi	d6	7	0,250	
Biaya Pupuk Palawija	d7	1	0,036	
Kebutuhan air	d1	3	0,107	1665071000
Pendapatan Padi	d2	4	0,143	
Pendapatan Palawija	d3	5	0,179	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	6	0,214	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	7	0,250	
Biaya Pupuk Padi	d6	1	0,036	
Biaya Pupuk Palawija	d7	2	0,071	
Kebutuhan air	d1	4	0,143	
Pendapatan Padi	d2	5	0,179	
Pendapatan Palawija	d3	6	0,214	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	7	0,250	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	1	0,036	
Biaya Pupuk Padi	d6	2	0,071	
Biaya Pupuk Palawija	d7	3	0,107	
Kebutuhan air	d1	5	0,179	1167756000
Pendapatan Padi	d2	6	0,214	
Pendapatan Palawija	d3	7	0,250	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	1	0,036	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	2	0,071	

Fungsi Tujuan	Variabel	Bobot	Prioritas	Objective Value
Biaya Pupuk Padi	d6	3	0,107	
Biaya Pupuk Palawija	d7	4	0,143	
Kebutuhan air	d1	6	0,214	941611100
Pendapatan Padi	d2	7	0,250	
Pendapatan Palawija	d3	1	0,036	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	2	0,071	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	3	0,107	
Biaya Pupuk Padi	d6	4	0,143	
Biaya Pupuk Palawija	d7	5	0,179	
Kebutuhan air	d1	7	0,250	
Pendapatan Padi	d2	1	0,036	759669900
Pendapatan Palawija	d3	2	0,071	
Biaya Tenaga Kerja Padi	d4	3	0,107	
Biaya Tenaga Kerja Palawija	d5	4	0,143	
Biaya Pupuk Padi	d6	5	0,179	
Biaya Pupuk Palawija	d7	6	0,214	

Berdasarkan Uji Coba Perubahan Prioritas didapatkan hasil bahwa objective value paling besar adalah 1665071000 dengan prioritas utama pada fungsi tujuan kebutuhan air. Objective value terbesar kedua terdapat pada fungsi tujuan biaya kebutuhan tenaga kerja sebagai prioritas utama dengan objective value sebesar 1494922000 . Hasil objective value

yang paling terendah ada pada fungsi tujuan hasil pendapatan padi sebagai prioritas utama dengan objective value sebesar 759669900.

6.6. Rangkuman Analisa

Dari hasil analisis di atas diketahui bahwa :

1. Analisa validasi didapatkan tingkat ketercapaian 96,15% dengan total batasan yang tercapai sebanyak 25 batasan. Dan % ke tidak tercapaian yang didapatkan sebesar 3,85%.
2. Analisa hasil lingo menyatakan tingkat ketercapaian untuk terhadap seluruh fungsi tujuan sebesar 43%
3. Dapat diketahui dari hasil analisa menggunakan skenario menyatakan bahwa deviasi yang dihasilkan antar kedua skenario sama akan tetapi terjadi perubahan objective value yaitu 1375164000 untuk skenario 1 dan 1057242000 pada skenario 2. Dapat disimpulkan pemberian prioritas terhadap fungsi tujuan kebutuhan air akan memberikan nilai yang lebih optimal.
4. Dari hasil analisa uji coba perubahan prioritas didapatkan objective value paling besar adalah 1665071000 dengan prioritas utama pada fungsi tujuan kebutuhan air. Objective value terbesar kedua terdapat pada fungsi tujuan biaya kebutuhan tenaga kerja sebagai prioritas utama dengan objective value sebesar 1494922000 . Hasil objective value yang paling terendah ada pada fungsi tujuan hasil pendapatan padi sebagai prioritas utama dengan objective value sebesar 759669900.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dianalisis :

7.1. Kesimpulan

1. Metode Goal Programming mampu menyelesaikan permasalahan yang memiliki kasus multi tujuan, dimana di dalam tugas akhir ini terkait pengoptimalan kebutuhan air, pendapatan bersih, biaya tenaga kerja dan biaya pupuk yang diperlukan.
2. Implementasi model pada program Lingo mampu menyelesaikan permasalahan goal programming pada tugas akhir ini.
3. Proses Validasi dilakukan dengan mencoba nilai variabel yang didapatkan pada LINGO lalu dimasukkan pada batasan yang ada. Hasil validasi sesuai dengan batasan yang ada dengan tingkat ketercapaian 96,15% .
4. Hasil optimasi yang didapatkan tingkat ketercapaian sebesar 43% dengan 7 fungsi tujuan yang memenuhi target sebanyak 3 yaitu fungsi tujuan pada pendapatan padi, biaya kebutuhan tenaga kerja untuk tanaman palawija dan biaya kebutuhan pupuk untuk tanaman palawija.
5. Hasil optimasi didapatkan lahan yang tepat untuk ditanami dengan kebutuhan air sebesar 816228,7 m³. Keuntungan tanaman padi sebesar Rp. 8.871.046.183 dan keuntungan tanaman palawija sebesar Rp. 5.424.219.090. Biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk tanaman padi sebesar Rp. 11.500.623.553 dan untuk tanaman palawija sebesar Rp. 4.853.048.921. Biaya kebutuhan pupuk untuk tanaman padi sebesar

Rp. 4.580.801.212 dan untuk tanaman palawija sebesar Rp. 2.568.564.917.

7.2. Saran

1. Optimalisasi yang dilakukan pada tugas akhir ini hanya memiliki 4 fungsi tujuan utama. Sehingga memungkinkan untuk penelitian selanjutnya penambahan pada fungsi tujuan lainnya.
2. Optimalisasi tugas akhir ini hanya mencakup 2 kecamatan saja, untuk selanjutnya dapat dioptimasi seluruh kabupaten.
3. Validasi dapat dilakukan dengan aplikasi lain.
4. Melakukan uji coba untuk pergeseran musim.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saptana, "Peningkatan Usaha Tani di Indonesia," pp. 1-22, 2010.
- [2] PT. Transima Citra Indo Consultant, "Pengembangan Pengelolaan dan Konservasi Sungai, Danau dan Sumber Daya Air Lainnya".
- [3] PT. Transima Citra Indo Consultant, "Survey Investigasi dan Desain Daerah Irigasi Parit Lompaten".
- [4] Tramizi, "Optimasi usaha Tani dalam pemanfaatan Air Irigasi Embung Leubuk Aceh besar," *Jurnal Teknik Pertanian*, 2005.
- [5] E. Setyono and S. Mucharom, "Studi Optimasi Pola Tanam Daerah Irigasi Gong Gang Kecamatan Parang Kabupaten Magetan," *Media Teknik Sipil*, vol. 14, 2016.
- [6] C. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- [7] A. Wiyono, *Catatan Kuliah Pengembangan Perencanaan Irigasi bagian Penunjang*, Bandung: ITB, 2000.
- [8] J. Doorenbos and W. O. Pruitt, *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*, Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977.

- [9] Subdit Perencanaan Teknis Dirjen Pengairan, "Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01," CV Galang Perasada, Bandung, 1986.
- [10] Siswanto, Operation Research Jilid I, Jakarta: Erlangga, 2007.
- [11] Taylor, Introduction to Management Science, Ninth Edition, Virginia: Prentice Hall, 2006.
- [12] R. Praditya and W. Anggraeni, "Optimasi Pengatur Siklus Waktu Lampu lalu-lintas Dinamik Menggunakan Metode Optimasi Goal Programming Java dan Opencv untuk Meminimalisir Kesenjangan Kepadatan Lalu Lintas," *TEKNIK ITS*, vol. 5, p. 2, 2016.
- [13] S. Mulyono, Operations Research, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 1991.
- [14] T. Harjiyanto, "Aplikasi Model Goal Programming untuk Optimasi Produksi Aksesoris (Studi Kasus: PT. KOSAMA JAYA BANGUNTAPAN BANTUL)," Universitas Negri Yogyakarta, Yogyakarta, 2014.
- [15] Direktorat Jenderal Pengairan, "Standar Perencanaan Irigasi (KP-01)," CV. Galang Persada, Bandung, 1986.
- [16] Maharahmi, "Analisis dan Perancangan Optimasi Produksi Aluminium Menggunakan Metode Linear Programming," 2011.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Medan pada tanggal 24 Juni 1995. Penulis merupakan anak terakhir dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di sekolah swasta mulai dari SD ST. Antonius II Medan, SMP ST. Thomas1 Medan, SMAS ST. Thomas 1 Medan. Setelah selesai menempuh pendidikan sekolah menengah atas pada tahun 2013 penulis mengikuti pendaftaran Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNPMTN) atau disebut undangan, yang akhirnya diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di kota Surabaya dengan NRP 5213100009.

Sebagai Mahasiswa penulis aktif berkontribusi di Panitia Kegiatan Ormawa Jurusan yaitu Information System Expo (ISE) sebagai staff ahli divisi kestari. Penulis juga berkontribusi di beberapa UKM dan organisasi keagamaan sebagai pengurus. Penulis juga melakukan kerja praktik di divisi Human Capital Management di Perusahaan Gas Negara(PGN) Jakarta pada tahun 2016.

Pada pelaksanaan Tugas Akhir penulis mengambil bidang minat Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis dengan topik Optimasi menggunakan Goal Programming. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: yessychintami@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A ANALISA USAHA TANI

Tabel A. 1. Analisa Usaha Tani Tanaman Padi

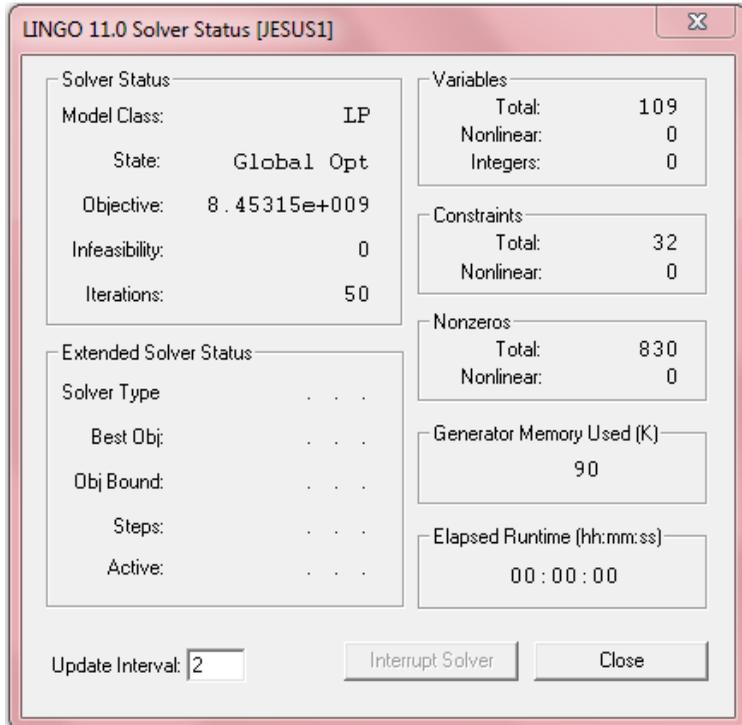
No	URAIAN KEGIATAN	VOLUME	SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
I INPUT				
A. PENGGUNAAN SARANA PRODUKSI				
1	Berih/ Bibit	40	Kg	1.000.000
2	Pupuk			
	Pupuk Anorganik			
	a. SP 36	250	Kg	2.300
	b. KCL	200	Kg	322.000
	c. Urea	100	kg	264.500
	d. ZA			
	Pupuk Organik			
	a. Kompos			
	b.			
3	Pestisida			
	a. Insektisida			
	- Cair	1	Ltr	100.000
	b. Fung	1	kg	85.500
	c. Herbisida	2	Ltr	102.600
JUMLAH A				2.449.600
B. PENGGUNAAN TENAGA KERJA				
1	Traktor	1	Ha	750.000
2	Pengolahan Lahan sampai siap tanam	10	OH	600.000
3	Penanaman	12	OH	720.000
4	Penyulpan	6	OH	360.000
5	Penyiangan	20	OH	1.200.000
6	Pengendalian Hama & Penyakit	12	OH	720.000
7	Panen	30	OH	1.800.000
JUMLAH B				6.150.000
C. PENGELUARAN LAIN-LAIN				
1	Sewa Lahan	1	Ha/0,5 Thn	3.000.000
2	Bunga Modal	6	%	695.976
JUMLAH C				3.695.976
TOTAL BIAYA PRODUKSI (A+B+C)				12.295.576
II OUTPUT				
A.	Produksi	4.057	Kg	
B.	Harga Jual	4.200	Rp/Kg	
C.	Nilai Total Produksi (Rp.)			17.039.400
D.	Biaya Pokok (Rp./Kg)			3.031
III	Pendapatan Bersih			4.743.824
IV.	R/C Ratio			1,39

Tabel A. 2. Analisa Usaha Tani Tanaman Palawija

No	URAIAN KEGIATAN	VOLUME	SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
I	INPUT			
A.	PENGUNAAN SARANA PRODUKSI			
1	Benh/ Bibit	20	Kg	82.080
2	Pupuk			
	Pupuk Anorganik			
a.	SP 35	150	Kg	2.300
b.	KCL	100		
c.	Urea	200	Kg	1.610
3	Pestisida			
	- Herbisida	10	Ltr	51.300
	JUMLAH A			2.821.600
B	PENGUNAAN TENAGA KERJA			
1	Traktor	1	Ha	750000
3	Penanaman	15	OH	60.000
4	Pemupukan	12	OH	60.000
5	Penyiangan	20	OH	60.000
6	Pengendalian Hama & Penyakit	6	OH	60.000
7	Panen	200	Karung	7.000
	JUMLAH B			5.330.000
C	PENGELUARAN LAIN-LAIN			
1	Sewa Lahan	1	Ha/0,5 Thn	3.000.000
2	Ongkos Angkut	200	Karung	2.500
3	Bunga Modal	6	%	11.151.600
	3			4.169.096
	TOTAL BIAYA PRODUKSI (A+B+C)			12.320.696
II	OUTPUT			
A.	Produksi	6.500	Kg	
B.	Harga Jual	2.812	Rp/Kg	
C.	Nilai Total Produksi (Rp.)			18.278.000
D.	Biaya Pokok (Rp./Kg)			1.895
III	Pendapatan Bersih			5.957.304
IV.	R/C Ratio			1,48

LAMPIRAN B

SCREENSHOT HASIL LINGO



Gambar B. 1 Status Solver Base Model Lingo

Global optimal solution found.

Objective value:

0.8453147E+10

Infeasibilities:

0.000000

Total solver iterations:

50

Variable	Value	Reduced Cost
D1	4790655.	0.000000
D2	0.1936571E+10	0.000000
D3	0.2111770E+10	0.000000
D4	0.2510614E+10	0.000000
D5	0.1889401E+10	0.000000
D6	0.000000	5.447474
D7	0.000000	5.001243
XI1A	0.000000	68352.07
XI2A	0.000000	4943.218
XI3A	0.000000	4943.218
XI4A	0.000000	22263.89
XI5A	0.000000	4943.218
XI6A	0.000000	4943.218
XI7A	0.000000	52043.94
XI8A	0.000000	5702.632
XI9A	0.000000	5955.770
XI10A	0.000000	4943.218
XI11A	0.000000	16591.50
XI12A	0.000000	36090.35
XI13A	0.000000	9855.539
XI14A	0.000000	4943.218
XI15A	0.000000	115220.2
XI16A	0.000000	4943.218
XI17A	0.000000	427768.5
XJ1A	0.000000	20610.52
XJ2A	0.000000	6057.343
XJ3A	0.000000	2766.547
XJ4A	0.000000	7430.314
XJ5A	0.000000	2766.547
XJ6A	0.000000	5044.791
XJ7A	0.000000	15946.76
XJ8A	0.000000	2766.547

XJ9A	0.000000	2766.547
XJ10A	0.000000	6057.343
XJ11A	0.000000	5808.134
XJ12A	0.000000	11384.38
XJ13A	0.000000	3881.796
XJ14A	0.000000	6310.481
XJ15A	0.000000	34014.19
XJ16A	0.000000	6310.481
XJ17A	0.000000	123395.5
XI1B	0.000000	67802.41
XI2B	0.000000	4393.565
XI3B	0.000000	4393.565
XI4B	0.000000	21714.24
XI5B	0.000000	4393.565
XI6B	0.000000	4393.565
XI7B	0.000000	51494.29
XI8B	0.000000	5152.979
XI9B	0.000000	5406.118
XI10B	0.000000	4393.565
XI11B	0.000000	16041.85
XI12B	0.000000	35540.69
XI13B	0.000000	9305.886
XI14B	0.000000	4393.565
XI15B	0.000000	114670.5
XI16B	0.000000	4393.565
XI17B	0.000000	427218.9
XJ1B	0.000000	20435.90
XJ2B	0.000000	5882.723
XJ3B	0.000000	2591.927
XJ4B	0.000000	7255.694
XJ5B	0.000000	2591.927
XJ6B	0.000000	4870.171
XJ7B	0.000000	15772.14
XJ8B	0.000000	2591.927
XJ9B	0.000000	2591.927
XJ10B	0.000000	5882.723
XJ11B	0.000000	5633.514
XJ12B	0.000000	11209.76
XJ13B	0.000000	3707.176

XJ14B	0.000000	6135.861
XJ15B	0.000000	33839.57
XJ16B	0.000000	6135.861
XJ17B	0.000000	123220.9
XI1C	0.000000	63408.85
XI2C	10.50000	0.000000
XI3C	0.000000	0.000000
XI4C	0.000000	17320.68
XI5C	16.47177	0.000000
XI6C	12.50000	0.000000
XI7C	0.000000	47100.73
XI8C	0.000000	759.4145
XI9C	0.000000	1012.553
XI10C	10.50000	0.000000
XI11C	0.000000	11648.29
XI12C	0.000000	31147.13
XI13C	0.000000	4912.321
XI14C	10.00000	0.000000
XI15C	0.000000	110277.0
XI16C	10.00000	0.000000
XI17C	0.000000	422825.3
XJ1C	0.000000	17843.98
XJ2C	0.000000	3290.796
XJ3C	17.00000	-0.1382841E-07
XJ4C	0.000000	4663.767
XJ5C	0.5282303	-0.1382841E-07
XJ6C	0.000000	2278.244
XJ7C	0.000000	13180.21
XJ8C	18.50000	-0.1490116E-07
XJ9C	14.22557	0.1597391E-07
XJ10C	0.000000	3290.796
XJ11C	0.000000	3041.587
XJ12C	0.000000	8617.830
XJ13C	0.000000	1115.249
XJ14C	0.000000	3543.934
XJ15C	0.000000	31247.64
XJ16C	0.000000	3543.934
XJ17C	0.000000	120628.9

Gambar B. 2. Hasil Output Base Model Lingo

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.8453147E+10	-1.000000
2	1144.774	0.000000
3	0.000000	-1.000000
4	1265.000	0.000000
5	1265.000	0.000000
6	1144.774	0.000000
7	1996817.	0.000000
8	2199423.	0.000000
9	594415.1	0.000000
10	107.0000	0.000000
11	0.000000	5014.362
12	0.000000	405.5449
13	42.00000	0.000000
14	0.000000	405.5449
15	0.000000	3596.265
16	84.00000	0.000000
17	0.000000	101.3862
18	4.774428	0.000000
19	0.000000	5014.362
20	34.00000	0.000000
21	61.50000	0.000000
22	24.50000	0.000000
23	0.000000	5368.887
24	173.1000	0.000000
25	0.000000	5368.887
26	613.9000	0.000000
27	0.000000	-1.000000
28	0.000000	-1.000000
29	0.000000	-1.000000
30	0.000000	-1.000000
31	0.000000	4.447474
32	0.000000	4.001243

Gambar B. 3. Hasil Slack dan Surplus

LAMPIRAN C

SCREENSHOT HASIL SKENARIO 1

```

{Variabel Keputusan:
X111,X121,...,X2173

d1, d4, d5, d6, d7 --> deviasi bawah
d2, d3 --> deviasi atas:

MIN = 0.11*d1 + 0.22*d2 + 0.22*d3 + 0.11*d4 + 0.11*d5 + 0.11*d6 + 0.11*d7;

{TotalLahan:
X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + X181 + X191 + X1101 +
X1111 + X1121 + X1131 + X1141 + X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 +
X241 + X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 + X2121 + X2131 +
X2141 + X2151 + X2161 + X2171 + X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 +
X172 + X182 + X192 + X1102 + X1112 + X1122 + X1132 + X1142 + X1152 + X1162 +
X1172 + X212 + X222 + X232 + X242 + X252 + X262 + X272 + X282 + X292 +
X2102 + X2112 + X2122 + X2132 + X2142 + X2152 + X2162 + X2172 + X113 + X123 +
X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + X183 + X193 + X1103 + X1113 + X1123 +
X1133 + X1143 + X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 + X243 + X253 +
X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 + X2123 + X2133 + X2143 + X2153 +
X2163 + X2173 <= 1265;

{Kebutuhan Air:
7516.157407*X111 + 7516.157407*X121 + 7516.157407*X131 + 7516.157407*X141 +
7516.157407*X151 + 7516.157407*X161 + 7516.157407*X171 + 7516.157407*X181 +
7516.157407*X191 + 7516.157407*X1101 + 7516.157407*X1111 + 7516.157407*X1121 +
7516.157407*X1131 + 7516.157407*X1141 + 7516.157407*X1151 + 7516.157407*X1161 +
7516.157407*X1171 + 8065.810185*X112 + 8065.810185*X122 + 8065.810185*X132 +
8065.810185*X142 + 8065.810185*X152 + 8065.810185*X162 + 8065.810185*X172 +
8065.810185*X182 + 8065.810185*X192 + 8065.810185*X1102 + 8065.810185*X1112 +
8065.810185*X1122 + 8065.810185*X1132 + 8065.810185*X1142 + 8065.810185*X1152 +
8065.810185*X1162 + 8065.810185*X1172 + 12459.375*X113 + 12459.375*X123 +
12459.375*X133 + 12459.375*X143 + 12459.375*X153 + 12459.375*X163 +
12459.375*X173 + 12459.375*X183 + 12459.375*X193 + 12459.375*X1103 +
12459.375*X1113 + 12459.375*X1123 + 12459.375*X1133 + 12459.375*X1143 +
12459.375*X1153 + 12459.375*X1163 + 12459.375*X1173 + 1086.13*X211 +
1086.13*X221 + 1086.13*X231 + 1086.13*X241 + 1086.13*X251 +
1086.13*X261 + 1086.13*X271 + 1086.13*X281 + 1086.13*X291 +
1086.13*X2101 + 1086.13*X2111 + 1086.13*X2121 + 1086.13*X2131 +

```

Gambar C. 1. Skrip Penambahan Prioritas Skenario 1

```

8065.810185*X1162 + 8065.810185*X1172 + 12459.375*X113 + 12459.375*X123 +
12459.375*X133 + 12459.375*X143 + 12459.375*X153 + 12459.375*X163 +
12459.375*X173 + 12459.375*X183 + 12459.375*X193 + 12459.375*X1103 +
12459.375*X1113 + 12459.375*X1123 + 12459.375*X1133 + 12459.375*X1143 +
12459.375*X1153 + 12459.375*X1163 + 12459.375*X1173 + 1086.13*X211 +
1086.13*X221 + 1086.13*X231 + 1086.13*X241 + 1086.13*X251 +
1086.13*X261 + 1086.13*X271 + 1086.13*X281 + 1086.13*X291 +
1086.13*X2101 + 1086.13*X2111 + 1086.13*X2121 + 1086.13*X2131 +
1086.13*X2141 + 1086.13*X2151 + 1086.13*X2161 + 1086.13*X2171 +
1260.75*X212 + 1260.75*X222 + 1260.75*X232 + 1260.75*X242 +
1260.75*X252 + 1260.75*X262 + 1260.75*X272 + 1260.75*X282 +
1260.75*X292 + 1260.75*X2102 + 1260.75*X2112 + 1260.75*X2122 +
1260.75*X2132 + 1260.75*X2142 + 1260.75*X2152 + 1260.75*X2162 +
1260.75*X2172 + 3852.677*X213 + 3852.677*X223 + 3852.677*X233 +
3852.677*X243 + 3852.677*X253 + 3852.677*X263 + 3852.677*X273 +
3852.677*X283 + 3852.677*X293 + 3852.677*X2103 + 3852.677*X2113 +
3852.677*X2123 + 3852.677*X2133 + 3852.677*X2143 + 3852.677*X2153 +
3852.677*X2163 + 3852.677*X2173 + d1 = 5856070.945;

!LuasMakaPer50asin;
X111 + X121 + X131 + X141 + X151 + X161 + X171 + X181 + X191 + X1101 +
X1111 + X1121 + X1131 + X1141 + X1151 + X1161 + X1171 + X211 + X221 + X231 +
X241 + X251 + X261 + X271 + X281 + X291 + X2101 + X2111 + X2121 + X2131 +
X2141 + X2151 + X2161 + X2171 <= 1265;

X112 + X122 + X132 + X142 + X152 + X162 + X172 + X182 + X192 + X1102 +
X1112 + X1122 + X1132 + X1142 + X1152 + X1162 + X1172 + X212 + X222 + X232 +
X242 + X252 + X262 + X272 + X282 + X292 + X2102 + X2112 + X2122 + X2132 +
X2142 + X2152 + X2162 + X2172 <= 1265;

X113 + X123 + X133 + X143 + X153 + X163 + X173 + X183 + X193 + X1103 +
X1113 + X1123 + X1133 + X1143 + X1153 + X1163 + X1173 + X213 + X223 + X233 +
X243 + X253 + X263 + X273 + X283 + X293 + X2103 + X2113 + X2123 + X2133 +
X2143 + X2153 + X2163 + X2173 <= 1265;

```

Gambar C. 2. Skrip Penambahan Prioritas Skenario 1 Bagian II

!Zebutuhan Air Tiap Bangunan dan Tiap Musim;

```

7516.157407*X111 + 7516.157407*X121 + 7516.157407*X131 + 7516.157407*X141 +
7516.157407*X151 + 7516.157407*X161 + 7516.157407*X171 + 7516.157407*X181 +
7516.157407*X191 + 7516.157407*X1101 + 7516.157407*X1111 + 7516.157407*X1121 +
7516.157407*X1131 + 7516.157407*X1141 + 7516.157407*X1151 + 7516.157407*X1161 +
7516.157407*X1171 + 1086.13*X211 + 1086.13*X221 + 1086.13*X231 +
1086.13*X241 + 1086.13*X251 + 1086.13*X261 + 1086.13*X271 +
1086.13*X281 + 1086.13*X291 + 1086.13*X2101 + 1086.13*X2111 +
1086.13*X2121 + 1086.13*X2131 + 1086.13*X2141 + 1086.13*X2151 +
1086.13*X2161 + 1086.13*X2171 <= 1996816.656;

8065.810185*X112 + 8065.810185*X122 + 8065.810185*X132 + 8065.810185*X142 +
8065.810185*X152 + 8065.810185*X162 + 8065.810185*X172 + 8065.810185*X182 +
8065.810185*X192 + 8065.810185*X1102 + 8065.810185*X1112 + 8065.810185*X1122 +
8065.810185*X1132 + 8065.810185*X1142 + 8065.810185*X1152 + 8065.810185*X1162 +
8065.810185*X1172 + 1260.75*X212 + 1260.75*X222 + 1260.75*X232 +
1260.75*X242 + 1260.75*X252 + 1260.75*X262 + 1260.75*X272 +
1260.75*X282 + 1260.75*X292 + 1260.75*X2102 + 1260.75*X2112 +
1260.75*X2122 + 1260.75*X2132 + 1260.75*X2142 + 1260.75*X2152 +
1260.75*X2162 + 1260.75*X2172 <= 2199422.965;

12459.375*X113 + 12459.375*X123 + 12459.375*X133 + 12459.375*X143 +
12459.375*X153 + 12459.375*X163 + 12459.375*X173 + 12459.375*X183 +
12459.375*X193 + 12459.375*X1103 + 12459.375*X1113 + 12459.375*X1123 +
12459.375*X1133 + 12459.375*X1143 + 12459.375*X1153 + 12459.375*X1163 +
12459.375*X1173 + 3852.677*X213 + 3852.677*X223 + 3852.677*X233 +
3852.677*X243 + 3852.677*X253 + 3852.677*X263 + 3852.677*X273 +
3852.677*X283 + 3852.677*X293 + 3852.677*X2103 + 3852.677*X2113 +
3852.677*X2123 + 3852.677*X2133 + 3852.677*X2143 + 3852.677*X2153 +
3852.677*X2163 + 3852.677*X2173 <= 1659831.324;

```

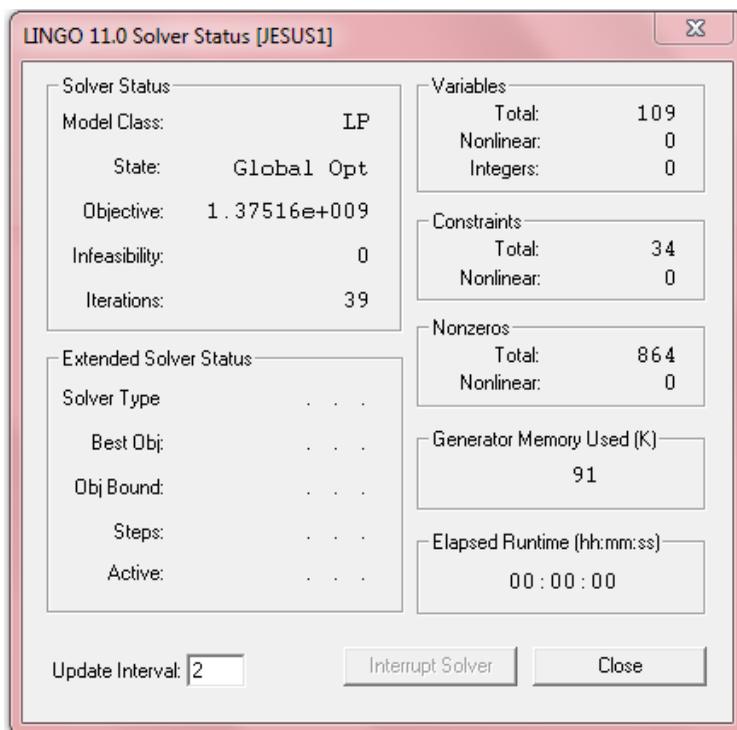
!Luas per BPL;

```

X111 + X211 + X112 + X212 + X113 + X213 <= 107;
X121 + X221 + X122 + X222 + X123 + X223 <= 10.5;
X131 + X231 + X132 + X232 + X133 + X233 <= 17;
X141 + X241 + X142 + X242 + X143 + X243 <= 42;
X151 + X251 + X152 + X252 + X153 + X253 <= 17;
X161 + X261 + X162 + X262 + X163 + X263 <= 12.5;
X171 + X271 + X172 + X272 + X173 + X273 <= 84;
X181 + X281 + X182 + X282 + X183 + X283 <= 18.5;
X191 + X291 + X192 + X292 + X193 + X293 <= 19;
X1101 + X2101 + X1102 + X2102 + X1103 + X2103 <= 10.5;
X1111 + X2111 + X1112 + X2112 + X1113 + X2113 <= 34;
X1121 + X2121 + X1122 + X2122 + X1123 + X2123 <= 61.5;
X1131 + X2131 + X1132 + X2132 + X1133 + X2133 <= 24.5;
X1141 + X2141 + X1142 + X2142 + X1143 + X2143 <= 10;
X1151 + X2151 + X1152 + X2152 + X1153 + X2153 <= 173.1;
X1161 + X2161 + X1162 + X2162 + X1163 + X2163 <= 10;
X1171 + X2171 + X1172 + X2172 + X1173 + X2173 <= 613.9;

```

Gambar C. 3. Skrip Penambahan Prioritas Skenario 1 Bagian IV

Gambar C. 4. Skrip Penambahan Prioritas Skenario 1 Bagian VI**Gambar C. 5. Status Solver Skenario 1**

Variable	Value	Reduced Cost
D1	4790655.	0.000000
D2	0.1936571E+10	0.000000
D3	0.2111770E+10	0.000000
D4	0.2510614E+10	0.000000
D5	0.1889401E+10	0.000000
D6	0.000000	0.8122450
D7	0.000000	0.7824315
XI1A	0.000000	7518.727
XI2A	0.000000	543.7539
XI3A	0.000000	543.7539
XI4A	0.000000	2449.028
XI5A	0.000000	543.7539
XI6A	0.000000	543.7539
XI7A	0.000000	5724.834
XI8A	0.000000	627.2895
XI9A	0.000000	655.1347
XI10A	0.000000	543.7539
XI11A	0.000000	1825.065
XI12A	0.000000	3969.938
XI13A	0.000000	1084.109
XI14A	0.000000	543.7539
XI15A	0.000000	12674.22
XI16A	0.000000	543.7539
XI17A	0.000000	47054.49
XJ1A	0.000000	2267.158
XJ2A	0.000000	666.3078
XJ3A	0.000000	304.3202
XJ4A	0.000000	817.3345
XJ5A	0.000000	304.3202
XJ6A	0.000000	554.9270
XJ7A	0.000000	1754.143
XJ8A	0.000000	304.3202

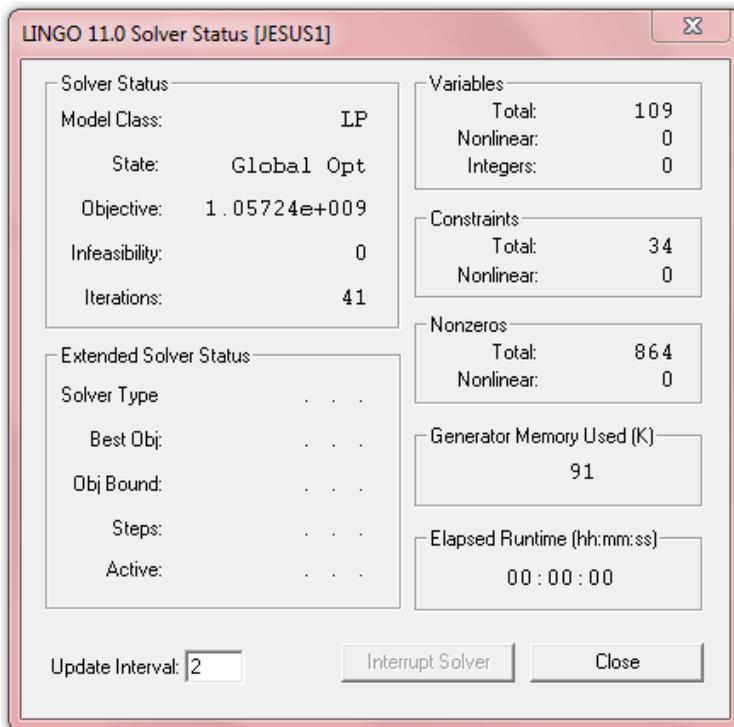
XJ9A	0.000000	304.3202
XJ10A	0.000000	666.3078
XJ11A	0.000000	638.8948
XJ12A	0.000000	1252.281
XJ13A	0.000000	426.9975
XJ14A	0.000000	694.1530
XJ15A	0.000000	3741.604
XJ16A	0.000000	694.1530
XJ17A	0.000000	13573.46
XI1B	0.000000	7458.266
XI2B	0.000000	483.2921
XI3B	0.000000	483.2921
XI4B	0.000000	2388.566
XI5B	0.000000	483.2921
XI6B	0.000000	483.2921
XI7B	0.000000	5664.372
XI8B	0.000000	566.8277
XI9B	0.000000	594.6729
XI10B	0.000000	483.2921
XI11B	0.000000	1764.603
XI12B	0.000000	3909.476
XI13B	0.000000	1023.647
XI14B	0.000000	483.2921
XI15B	0.000000	12613.76
XI16B	0.000000	483.2921
XI17B	0.000000	46994.03
XJ1B	0.000000	2247.950
XJ2B	0.000000	647.0996
XJ3B	0.000000	285.1120
XJ4B	0.000000	798.1263
XJ5B	0.000000	285.1120
XJ6B	0.000000	535.7188
XJ7B	0.000000	1734.935
XJ8B	0.000000	285.1120
XJ9B	0.000000	285.1120
XJ10B	0.000000	647.0996
XJ11B	0.000000	619.6866
XJ12B	0.000000	1233.073
XJ13B	0.000000	407.7893

XJ13B	0.000000	407.7893
XJ14B	0.000000	674.9448
XJ15B	0.000000	3722.396
XJ16B	0.000000	674.9448
XJ17B	0.000000	13554.25
XI1C	0.000000	6974.973
XI2C	10.50000	-0.1862645E-08
XI3C	16.47177	0.3725290E-08
XI4C	0.000000	1905.274
XI5C	0.000000	0.3725290E-08
XI6C	12.50000	0.000000
XI7C	0.000000	5181.080
XI8C	0.000000	83.53560
XI9C	0.000000	111.3808
XI10C	10.50000	-0.1862645E-08
XI11C	0.000000	1281.311
XI12C	0.000000	3426.184
XI13C	0.000000	540.3553
XI14C	10.00000	0.000000
XI15C	0.000000	12130.47
XI16C	10.00000	0.000000
XI17C	0.000000	46510.74
XJ1C	0.000000	1962.838
XJ2C	0.000000	361.9876
XJ3C	0.5282303	0.1012097E-08
XJ4C	0.000000	513.0144
XJ5C	17.00000	0.1012097E-08
XJ6C	0.000000	250.6068
XJ7C	0.000000	1449.823
XJ8C	18.50000	0.000000
XJ9C	14.22557	0.000000
XJ10C	0.000000	361.9876
XJ11C	0.000000	334.5746
XJ12C	0.000000	947.9613
XJ13C	0.000000	122.6773
XJ14C	0.000000	389.8328
XJ15C	0.000000	3437.284
XJ16C	0.000000	389.8328
XJ17C	0.000000	13269.14

Gambar C. 6. Hasil Output Skenario 1

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1375164E+10	-1.000000
2	1144.774	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	-0.1100000
6	1265.000	0.000000
7	1265.000	0.000000
8	1144.774	0.000000
9	1996817.	0.000000
10	2199423.	0.000000
11	594415.1	0.000000
12	107.0000	0.000000
13	0.000000	551.5799
14	0.000000	44.60994
15	42.00000	0.000000
16	0.000000	44.60994
17	0.000000	395.5891
18	84.00000	0.000000
19	0.000000	11.15249
20	4.774428	0.000000
21	0.000000	551.5799
22	34.00000	0.000000
23	61.50000	0.000000
24	24.50000	0.000000
25	0.000000	590.5775
26	173.1000	0.000000
27	0.000000	590.5775
28	613.9000	0.000000
29	0.000000	-0.2200000
30	0.000000	-0.2200000
31	0.000000	-0.1100000
32	0.000000	-0.1100000
33	0.000000	0.7022450
34	0.000000	0.6724315

Gambar C. 7. Analisis Slack dan Dual Price Skenario 1



Gambar D. 2. Status Solver Model Skenario 2

Variable	Value	Reduced Cost
D1	4790655.	0.000000
D2	0.1936571E+10	0.000000
D3	0.2111770E+10	0.000000
D4	0.2510614E+10	0.000000
D5	0.1889401E+10	0.000000
D6	0.000000	0.6809705
D7	0.000000	0.6251644
XI1A	0.000000	17088.02
XI2A	0.000000	1235.804
XI3A	0.000000	1235.804
XI4A	0.000000	5565.973
XI5A	0.000000	1235.804
XI6A	0.000000	1235.804
XI7A	0.000000	13010.99
XI8A	0.000000	1425.658
XI9A	0.000000	1488.943
XI10A	0.000000	1235.804
XI11A	0.000000	4147.876
XI12A	0.000000	9022.586
XI13A	0.000000	2463.885
XI14A	0.000000	1235.804
XI15A	0.000000	28805.05
XI16A	0.000000	1235.804
XI17A	0.000000	106942.2
XJ1A	0.000000	5152.631
XJ2A	0.000000	1514.336
XJ3A	0.000000	691.6368
XJ4A	0.000000	1857.578
XJ5A	0.000000	691.6368
XJ6A	0.000000	1261.198
XJ7A	0.000000	3986.689
XJ8A	0.000000	691.6368

XJ9A	0.000000	691.6368
XJ10A	0.000000	1514.336
XJ11A	0.000000	1452.034
XJ12A	0.000000	2846.094
XJ13A	0.000000	970.4489
XJ14A	0.000000	1577.620
XJ15A	0.000000	8503.496
XJ16A	0.000000	1577.620
XJ17A	0.000000	30848.92
XI1B	0.000000	16950.60
XI2B	0.000000	1098.391
XI3B	0.000000	1098.391
XI4B	0.000000	5428.560
XI5B	0.000000	1098.391
XI6B	0.000000	1098.391
XI7B	0.000000	12873.57
XI8B	0.000000	1288.245
XI9B	0.000000	1351.529
XI10B	0.000000	1098.391
XI11B	0.000000	4010.462
XI12B	0.000000	8885.173
XI13B	0.000000	2326.472
XI14B	0.000000	1098.391
XI15B	0.000000	28667.64
XI16B	0.000000	1098.391
XI17B	0.000000	106804.8
XJ1B	0.000000	5108.976
XJ2B	0.000000	1470.681
XJ3B	0.000000	647.9818
XJ4B	0.000000	1813.923
XJ5B	0.000000	647.9818
XJ6B	0.000000	1217.543
XJ7B	0.000000	3943.034
XJ8B	0.000000	647.9818
XJ9B	0.000000	647.9818
XJ10B	0.000000	1470.681
XJ11B	0.000000	1408.379
XJ12B	0.000000	2802.439
XJ13B	0.000000	926.7939

XJ14B	0.000000	1533.965
XJ15B	0.000000	8459.841
XJ16B	0.000000	1533.965
XJ17B	0.000000	30805.27
XI1C	0.000000	15852.21
XI2C	10.50000	0.000000
XI3C	0.000000	0.000000
XI4C	0.000000	4330.169
XI5C	16.47177	0.000000
XI6C	12.50000	0.000000
XI7C	0.000000	11775.18
XI8C	0.000000	189.8536
XI9C	0.000000	253.1382
XI10C	10.50000	0.000000
XI11C	0.000000	2912.071
XI12C	0.000000	7786.782
XI13C	0.000000	1228.080
XI14C	10.00000	0.000000
XI15C	0.000000	27569.24
XI16C	10.00000	0.000000
XI17C	0.000000	105706.4
XJ1C	0.000000	4460.994
XJ2C	0.000000	822.6991
XJ3C	17.00000	0.000000
XJ4C	0.000000	1165.942
XJ5C	0.5282303	0.000000
XJ6C	0.000000	569.5609
XJ7C	0.000000	3295.053
XJ8C	18.50000	0.000000
XJ9C	14.22557	0.3725290E-08
XJ10C	0.000000	822.6991
XJ11C	0.000000	760.3968
XJ12C	0.000000	2154.458
XJ13C	0.000000	278.8122
XJ14C	0.000000	885.9836
XJ15C	0.000000	7811.860
XJ16C	0.000000	885.9836
XJ17C	0.000000	30157.29

Gambar D. 3. Hasil Output Skenario 2

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1057242E+10	-1.000000
2	1144.774	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	-0.2500000
6	1265.000	0.000000
7	1265.000	0.000000
8	1144.774	0.000000
9	1996817.	0.000000
10	2199423.	0.000000
11	594415.1	0.000000
12	107.0000	0.000000
13	0.000000	1253.591
14	0.000000	101.3862
15	42.00000	0.000000
16	0.000000	101.3862
17	0.000000	899.0662
18	84.00000	0.000000
19	0.000000	25.34656
20	4.774428	0.000000
21	0.000000	1253.591
22	34.00000	0.000000
23	61.50000	0.000000
24	24.50000	0.000000
25	0.000000	1342.222
26	173.1000	0.000000
27	0.000000	1342.222
28	613.9000	0.000000
29	0.000000	-0.1250000
30	0.000000	-0.1250000
31	0.000000	-0.1250000
32	0.000000	-0.1250000
33	0.000000	0.5559705
34	0.000000	0.5001644

Gambar D. 4. Analisis Slack dan Dual Price Skenario 2