



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERENCANAAN MODEL OPTIMASI ALOKASI
LAHAN PENGADAAN TEBU DAN PRODUKSI GULA
(Studi Kasus di PTPN IX PG. MOJO)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**ARIF DHANI IRWANTO
0906603530**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Arif Dhani Irwanto

NPM : 0906603530

Tanda Tangan :



Tanggal : 29 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Arif Dhani Irwanto

NPM : 0906603530

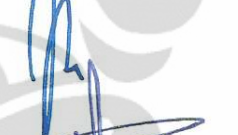
Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : Perencanaan Model Optimasi Alokasi Lahan Pengadaan Tebu dan Produksi Gula (Studi Kasus PTPN IX PG. Mojo)


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yadrifil, M.Sc ()

Penguji : Ir. Dendi Prajadhiana, MSIE. ()

Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE. ()

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, MSi. ()

Penguji : Maya Arlini, S.T., M.T, MBA. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 11 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik semesta alam dan penguasa atas segalanya yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA dan junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi berjudul **“Perencanaan Model Optimasi Alokasi Lahan Pengadaan Tebu dan Produksi Gula (Studi Kasus di PTPN IX PG. Mojo)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari semua pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Ir. Yadrifil, M.Sc selaku Dosen Pembimbing atas dukungan, masukan, motivasi dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi.
2. Ibu, Bapak dirumah dan Adikku yang telah bekerja keras untuk memberikan apa yang penulis perlukan selama kuliah, dan selalu memberikan curahan kasih sayang, inspirasi hidup, bantuan dan do'a yang tulus.
3. Pihak perusahaan Pabrik Gula Mojo, khususnya Bapak Waliyanto yang telah memberikan data beserta informasi lainnya yang mendukung dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan dan karyawan di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
5. Teman-teman seperjuangan (Maharsi : Hamda, Dimot, Wega, Machadi, Ervan, Bang Hilal, Ridwan, Indra, Raihan, Ajib, Himawan, Hero dan banyak lagi dah) yang setiap malam kita bareng-bareng begadang untuk terselesainya skripsi ini, walaupun kadang-kadang diselingi dengan maen PES dulu tapi semuanya bias selesai.
6. Teman- teman Yad Team (Taufik, Irfa, dan Faisal), bersama-sama kita bersusah payah dan ngalor-ngidul, akhirnya selesai juga.

7. Teman-teman di Bogor (Behel, Crot, Dorik, Eko, Prast) yang selalu memberikan dukungan dan hiburan ketika penulis merasa jenuh dan mentok dalam penulisan skripsi ini.
8. Seseorang yang selalu mendukungku, terima kasih.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan, semoga sebuah karya ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Depok, Desember 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Dhani Irwanto

NPM : 0906603530

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perencanaan Model Optimasi Alokasi Lahan Pengadaan Tebu dan Produksi Gula (Studi Kasus di PTPN IX PG. Mojo).

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Desember 2011

Yang menyatakan



(Arif Dhani Irwanto)

ABSTRAK

Nama : Arif Dhani Irwanto
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Perencanaan Model Optimasi Alokasi Lahan Pengadaan Tebu dan Produksi Gula (Studi Kasus di PTPN IX PG. Mojo).

Penelitian ini mengkaji tentang perencanaan model alokasi lahan pengadaan tebu dan produksi gula dengan memperhitungkan perubahan permintaan gula dan luas lahan yang tidak pasti setiap tahunnya menggunakan *linear programming*. Objek yang akan diteliti adalah luas lahan yang tersedia untuk pabrik. Fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan biaya produksi dengan kendala luas dan kapasitas lahan tebu, kegiatan tebang angkut, kegiatan giling pabrik, kebutuhan tenaga kerja, dan rendemen tebu. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah model matematik rencana produksi dan kegiatan alokasi lahan pengadaan bahan baku produksi untuk meminimalkan biaya total produksi gula. Hasil penelitian menunjukkan alokasi penggunaan lahan sebagai area tanam bahan baku tebu pada kondisi optimal berdasarkan kategori tanaman tebu adalah TRT I Km 3.80% (175.00 ha), TRT II Km 30.85% (1421.00 ha), TRT III Km 30.57% (1408.31 ha), dan TRT IV Km 34.78% (1602.00 ha). Total biaya yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 65.001.880.000,-.

Kata kunci:

Model Optimasi, *Linear Programming*, Lahan Tebu, Pabrik Gula, Peramalan Permintaan, Meminimalkan biaya.

ABSTRACT

Name : Arif Dhani Irwanto
Study Program : Industrial Engineering
Title : Design Optimization Model of Land Allocation for Procurement
Planning and Production of Sugar Cane (Case Studies in PTPN IX
PG. Mojo)

This study examines a planning of land procurement allocation model and the production of sugar cane with consider changes in sugar demand and an uncertain area annually using linear programming. The objects will be study is available of land for factories. Proposed objective function is to minimize production costs with capacity constraints and extensive of fields, logging and transport activities, production activities, labor requirements, and yield of sugarcane. The purpose of this research is to create a mathematical model of the production plan and land allocation activities of raw material procurement to minimize the total cost of sugar production. The results show that the allocation of land sugarcane planting area in optimal conditions by category of sugar cane is TRT I Km 3.80% (175.00 ha), TRT II Km 30.85% (1421.00 ha), TRT III Km 30.57% (1408.31 ha), and TRT IV km 34.78% (1602.00 ha). The total cost incurred by the company amounting to Rp.65.001.880.000,-.

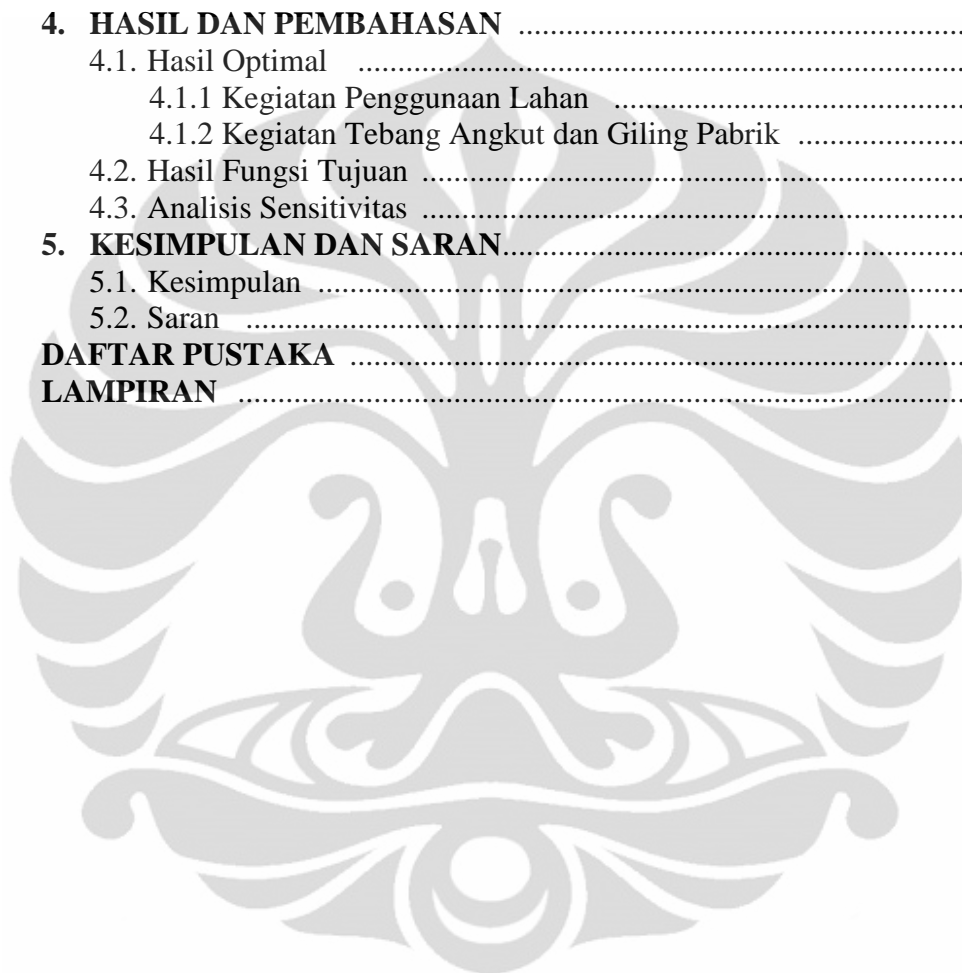
Key words:

Model Optimization, Linear Programming, Land Sugar Cane, Sugar Factory, Demand Forecasting, Minimizing costs.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah	5
1.3. Rumusan Masalah	7
1.4. Batasan Masalah	7
1.5. Tujuan Penelitian	7
1.6. Metodologi Penelitian	8
1.7. Sistematika Penulisan	10
2. LANDASAN TEORI	11
2.1. Pengertian Lahan	11
2.2. Optimasi Pengadaan Bahan Baku	11
2.3. Pemrograman Linier	14
2.3.1 Bentuk Umum Model Pemrograman Linier.....	15
2.3.2 Asumsi Model Pemrograman Linier	15
2.3.3 Metode Penyelesaian Model Program Linier	17
2.4. Peramalan	18
2.4.1 Metode Peramalan	19
2.4.2 Metode Peramalan Kualitatif	19
2.4.3 Metode Peramalan Kuantitatif	20
2.4.4 Analisa Kesalahan Peramalan	26
2.5. Penyelesaian Program Linier Menggunakan <i>Lingo</i>	27
2.6. Profil Perusahaan	28
2.6.1 Sejarah Perusahaan	28
2.6.2 Lokasi Perusahaan	29
2.6.3 Visi dan Misi Perusahaan	29
2.6.4 Tujuan dan Budaya Pabrik	31
2.6.5 Struktur Organisasi Pabrik Gula Mojo	31
2.6.6 Kepegawaian Pabrik Gula Mojo	37
2.6.7 Kemitraan Antara Pabrik Gula dan Petani	37
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	39
3.1. Pengumpulan Data	39
3.1.1 Data Luas Lahan Tebu dan Kapasitas Lahan	39
3.1.2 Struktur Biaya Pengadaan Tebu	43

3.1.3 Tingkat Produksi dan Kapasitas Giling Pabrik	44
3.1.4 Data Rendemen	45
3.1.5 Biaya Produksi	46
3.1.6 Data penggunaan tenaga terbang angkut beserta harganya	47
3.1.7 Data Permintaan Gula	50
3.2. Metode Peramalan	52
3.3. Hasil Peramalan Dekomposisi	60
3.4. Model Matematika	62
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	69
4.1. Hasil Optimal	69
4.1.1 Kegiatan Penggunaan Lahan	69
4.1.2 Kegiatan Tebang Angkut dan Giling Pabrik	71
4.2. Hasil Fungsi Tujuan	73
4.3. Analisis Sensitivitas	74
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	80

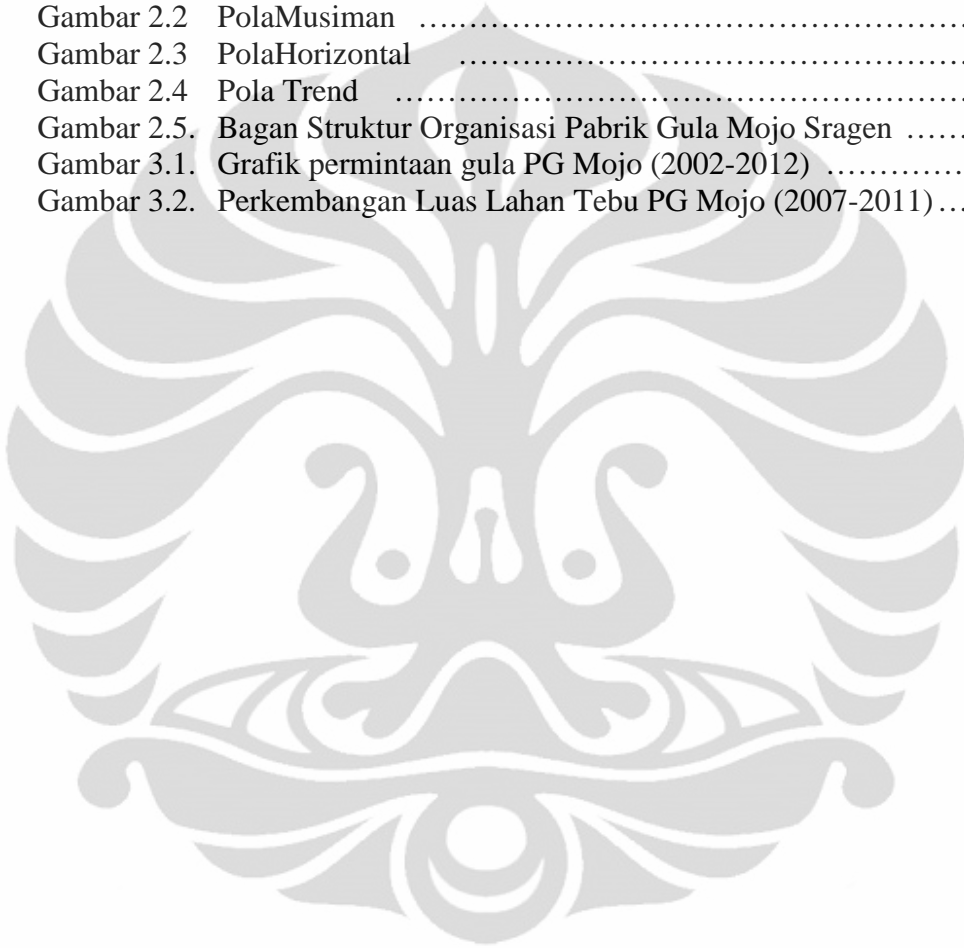


DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1. Keseimbangan Pasar Gula Dunia Tahun 2009-2011	2
Tabel 1.2. Jumlah PG dan Kapasitas Industri Gula Indonesia.....	3
Tabel 1.3. Data performance Pabrik Gula Mojo tahun 2005-2011.....	4
Tabel 2.1. Ukuran Statistik Parameter Kesalahan Peramalan.....	26
Tabel 2.2. Jumlah Tenaga Kerja PG Mojo Sragen Tahun 2010	37
Tabel 3.1. Luas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011	40
Tabel 3.2. Produktivitas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011	41
Tabel 3.3. Struktur Biaya Pengadaan Lahan th. 2011	43
Tabel 3.4. Struktur Biaya Pengadaan Lahan th. 2012.....	44
Tabel 3.5. Luas Lahan tebu PG Mojo	44
Tabel 3.6. Kapasitas Giling PG Mojo	45
Tabel 3.7. Data target rendemen PG Mojo tahun 2012	46
Tabel 3.8. Kegiatan Giling PG Mojo	47
Tabel 3.9. Jumlah tebu yang ditebang.....	47
Tabel 3.10. Jumlah kebutuhan tenaga kerja tebang angkut	48
Tabel 3.11. Biaya Tenaga Tebang th.2011	48
Tabel 3.12. Biaya Angkut th.2011	49
Tabel 3.13. Biaya Tenaga Tebang Angkut th.2011	49
Tabel 3.14. Biaya Tenaga Tebang Angkut th.2012	50
Tabel 3.15. Kegiatan Tenaga Tebang Angkut	50
Tabel 3.16. Permintaan gula PG Mojo th. 2002-2012	51
Tabel 3.17. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Konstan.....	54
Tabel 3.18. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Linear.....	55
Tabel 3.19. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Kuadratis	56
Tabel 3.20. Perhitungan Parameter dan Peramalan Metode Dekomposisi	57
Tabel 3.21. Perhitungan MSE Metode Konstan	58
Tabel 3.22. Perhitungan MSE Metode Linear	58
Tabel 3.23. Perhitungan MSE Metode Kuadratis	59
Tabel 3.24. Perhitungan MSE Metode Dekomposisi.....	59
Tabel 3.25. Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012	60
Tabel 3.26. Produktivitas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012.....	61
Tabel 3.27. Peramalan permintaan gula PG Mojo th. 2012.....	61
Tabel. 3.28. Kebutuhan tenaga kerja (/kuintal tebu).....	62
Tabel 4.1. Area Alokasi Lahan Tanam tebu Kondisi Optimal (Ha)	69
Tabel 4.2. Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012	70
Tabel 4.3. Perbandingan Realisasi Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo dengan Kondisi Optimal	71
Tabel 4.4. Kegiatan Tebang Angkut (Kuintal)	72
Tabel 4.5. Kegiatan Giling Optimal (kuintal)	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah	6
Gambar 1.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian	9
Gambar 2.1 Pola Siklus	21
Gambar 2.2 PolaMusiman	22
Gambar 2.3 PolaHorizontal	23
Gambar 2.4 Pola Trend	24
Gambar 2.5. Bagan Struktur Organisasi Pabrik Gula Mojo Sragen	33
Gambar 3.1. Grafik permintaan gula PG Mojo (2002-2012)	51
Gambar 3.2. Perkembangan Luas Lahan Tebu PG Mojo (2007-2011)	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Keterangan Nama Kawasan/Kecamatan (SKW)	80
Lampiran 2. Solution Report (Lingo 10)	81
Lampiran 3. Range Report (Lingo 10)	84



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula adalah satu istilah bagi sekelas kristal karbohidrat yang boleh dimakan, terutama sukrosa, laktosa, dan fruktosa dicirikan oleh suatu rasa manis. Di dalam makanan, gula kebanyakan dirujuk hampir-hampir eksklusif merujuk kepada sukrosa, yang utamanya datang dari gula tebu. Gula pasir merupakan salah satu dari sembilan bahan pangan pokok yang berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan kalori masyarakat (*The Sugar Association, Inc.*).

Gula merupakan kebutuhan pokok penduduk dunia umumnya dan Indonesia pada khususnya. Fakta ini membawa konsekuensi kewajiban pemerintah untuk menjamin ketersediaan gula di pasar domestik pada tingkat harga yang terjangkau bagi seluruh kelompok pendapatan masyarakat. Selain itu, industri gula merupakan sumber penghidupan lebih dari satu juta petani di Jawa dan menyediakan lapangan kerja bagi lebih dari setengah juta buruh tani di pedesaan, terutama di Jawa dan Sumatera. Mengingat pentingnya komoditi dimaksud, kebijakan swasembada gula dipandang sesuai dengan kondisi di Indonesia. Kebijakan ini pun dianggap tepat dalam mengantisipasi kemungkinan liberalisasi perdagangan gula di masa depan. Mencapai swasembada gula merupakan salah satu sasaran pembangunan sub sektor pertanian (perkebunan) yang segera harus dicapai.

Produksi gula nasional tercatat sebanyak 2,4 juta ton di 2009, meleset 300 ribu ton dari target semula sebanyak 2,7 juta ton. Areal tebu berkurang 20 ribu hektar akibat perubahan iklim. Produksi gula di semua pabrik gula tidak sebanyak yang di harapkan, rencana produksi 2,7 juta ton meleset, yang tercapai 2,4 juta ton akibat berkurangnya areal tebu sebesar 20 ribu Ha karena perubahan iklim (Indro Bagus, *detik finance, Minggu (24/1/2010)*).

Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia, pendapatan masyarakat serta semakin berkembangnya industri pengguna gula pasir (non-rafinasi) mengakibatkan permintaan gula pasir dalam negeri mengalami peningkatan. Sebagai akibatnya, produksi gula nasional tidak dapat mencukupi permintaan lokal sehingga impor gula pasir cenderung mengalami peningkatan. Berikut ini disajikan perkembangan jumlah penduduk, produksi, konsumsi dan impor gula di Indonesia (bataviase.co.id, Rabu, 19 Oktober 2011).

Tabel 1.1. Keseimbangan Pasar Gula Dunia Tahun 2009-2011

Keterangan	2010/2011	2009/2010	Perubahan Dalam	
	(Juta ton, nilai mentah)		Juta Ton	Persen
Produksi	166.958	157.994	8.964	5.67
Konsumsi	166.179	162.619	3.560	2.19
Surplus/Defisit	0.779	-4.625		
Permintaan Impor	50.422	53.776	-3.354	-6.24
Nilai Ekspor	51.287	54.236	-2.949	-5.44
Stok Akhir	56.159	56.199	-0.040	-0.07
Rasio Stok/Konsumsi dalam persen	33.79	34.56		

Sumber : ISO Quarterly Market Outlook, Mei 2011

Berdasarkan data keseimbangan pasar gula dunia antara tahun 2009-2011 (Tabel 1), saat ini dunia mengalami surplus 0,779 juta ton, akan tetapi peningkatan surplus dunia ini hanya terhadap perkembangan tanaman terbaru dalam satu negara saja yaitu Thailand yang peningkatannya diperkirakan jauh melebihi 9,5 juta ton. Tanpa kenaikan ketersediaan gula di Thailand, keseimbangan dunia 2010/11 akan defisit lebih dari 1 juta ton.

Produksi gula sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku yang kontinyu. Adanya penurunan luas area penanaman tebu di wilayah kerja pabrik gula maupun cuaca yang kurang mendukung dapat menyebabkan ketersediaan tebu kian terbatas yang mengurangi pasokan akan mempengaruhi penurunan produktivitas pabrik gula. Selain itu, sebagian

besar pabrik gula di Jawa (53%) didominasi oleh pabrik gula dengan kapasitas giling kecil (< 3.000 TCD), 44 persen dengan kapasitas giling menengah 3.000 – 6.000 TCD dan hanya tiga persen dengan kapasitas giling besar (> 6.000 TCD) menyebabkan rendahnya produktivitas.

Sebagai gambaran, jumlah pabrik gula dan kapasitas produksi gula di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1.2. Jumlah PG dan Kapasitas Industri Gula Indonesia

Daerah	Jumlah PG (Unit)	Total Kapasitas (TCD)
Jawa Barat	5	13,030
Jawa Tengah	10	25,160
Jawa Timur	31	90,430
Sumatera	8	58,240
Sulawesi	4	10,980
Indonesia	58	197,840

Sumber : Studi Konsolidasi Pergulaan Indonesia-P3GI, 2010

Sampai saat ini (2010), jumlah pabrik gula (PG) yang masih beroperasi di Indonesia berjumlah 58 PG, dimana 54 PG berada di Jawa dan sisanya 12 PG di luar P. Jawa (Sumatera dan Sulawesi). Total kapasitas terpasang industri gula di Indonesia sekitar 197.847 *ton cane per day* (TCD). Dengan 10 PG di Jawa Tengah dan total kapasitas 25,160 TCD dari 58 PG secara nasional, hasil produksi gula di Jawa Tengah hanya memberikan kontribusi yang relatif kecil bagi produksi gula nasional yaitu sekitar 12,7 %. Padahal saat ini pabrik-pabrik gula di wilayah ini sudah beroperasi pada kapasitas utilisasi yang cukup tinggi. Berarti diperlukan peningkatan produksi secara substansial di Jawa Tengah yang memerlukan investasi baru, serta peningkatan produktivitas pabrik secara optimal.

Produksi gula di PG Mojo, untuk tahun 2011 mengalami penurunan yang cukup besar, dari 274,935.70 kuintal pada tahun 2010 menjadi 221,442.50 kuintal di 2011 (*Buku laporan tahunan PG Mojo, 2011*). Penurunan tersebut disebabkan faktor-faktor *onfarm* (cuaca, varietas bibit,

pemupukan, dsb) dan faktor-faktor *off-farm* yaitu mesin-mesin pabrik gula yang sudah tua sehingga produktivitasnya rendah.

Berikut ini adalah data performance pabrik gula Mojo untuk tahun 2002 sampai tahun 2011.

Tabel 1.3. Data Performance Pabrik Gula Mojo tahun 2005-2011

NO	URAIAN	TAHUN						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Luas Tanaman (Ha).	3,629.330	4,666.449	5,070.197	5,117.150	5,161.695	5,377.000	4,836.970
2	Luas di giling (Ha).	3,629.330	4,666.449	5,070.197	5,268.429	5,161.695	5,377.000	4,862.183
3	Jumlah Tebu (Ku).	2,328,600	2,897,547	3,297,587	3,375,553	3,381,294	3,632,120	3,152,117
4	Tebu/Ha (Ku).	642	621	650	641	655	675	642
5	Rendemen (%)	5.91	6.14	6.67	8.25	7.09	7.57	6.81
6	Jumlah Kristal (Ku).	137,658.82	177,769.23	219,797.71	278,641.00	239,852.52	274,935.70	221,442.50
7	Kristal/Ha (Ku).	37.93	38.10	43.35	52.89	46.47	51.13	43.75

Sumber : Buku Laporan PG Mojo tahun 2005-2011

Berdasarkan Tabel 1.3, terjadi penurunan rendemen tebu pada PG Mojo. Rendemen pada tahun 2011 ini sedikit mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tahun 2010, yaitu dari 7,57% menjadi 6,81% yang dikhawatirkan akan terus meningkat. Karena itu peranan bibit unggul penerapan baku teknis dengan manajemen tebang angkut sangat penting dalam meningkatkan rendemen.

Menurut (Adig Suwandi), rendemen bervariasi dari 6 – 9 tergantung kondisi tebunya. Dan ada beberapa faktor penyebab tercapainya rendemen tebu, yaitu antara lain: Akibat pabrik gula (PG) kesulitan mendapatkan tebu yang masuk, khususnya pada dua bulan pertama musim giling, masa tanam

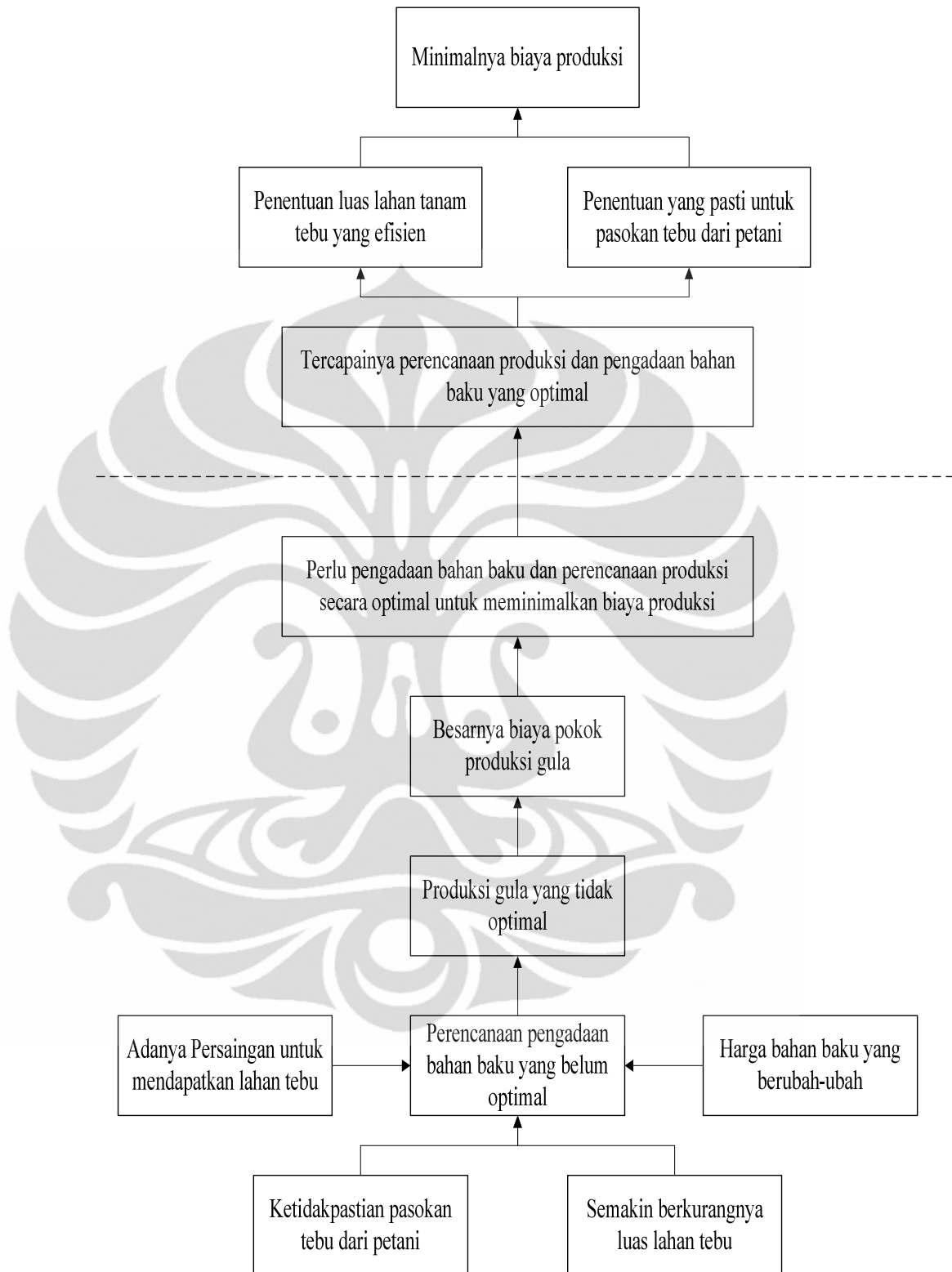
yang mundur dan varietas memberikan kontribusi terhadap belum optimalnya terhadap rendemen.

Masalah lain akibat dari berkurangnya luas lahan tebu yang ada, pasokan tebu dari petani juga semakin kecil, dan tidak bisa dipastikan berapa banyak tebu yang akan digiling dalam setiap harinya. Selain itu juga harga bahan baku selalu berubah-ubah seiring dengan sulitnya bahan baku produksi. Hal tersebut secara otomatis akan memperbesar biaya pengadaan bahan baku dan biaya produksi gula itu sendiri, yang tentunya akan memperbesar Biaya Pokok Produksi (HPP) dari gula Kristal itu sendiri (Direktorat Jendral Perkebunan, 2010).

Bagi PG Mojo khususnya, sebagai salah satu pabrik gula dibawah PTPN IX, hal ini akan dapat diatasi dengan melakukan perbaikan alokasi lahan dan pengadaan bahan baku, serta membuat perencanaan produksi gula secara optimal sehingga tujuan untuk meminimalkan biaya produksi akan dapat tercapai.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Dari latar belakang masalah yang terjadi di Pabrik Gula Mojo berikut adalah diagram keterkaitan masalah yang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Masalah yang dihadapi pabrik gula Mojo dalam memproduksi gula adalah masih terbatasnya kemampuan dalam pengadaan bahan baku utama yaitu tebu yang terkait dengan ketersediaan lahan dan ketidakpastian pasokan tebu dari petani, serta masih kurang optimalnya perencanaan produksi pabrik, sehingga biaya produksi akan tinggi.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dan pemecahan masalah menjadi terarah, tidak menyimpang dari pokok masalah yang ada dan menghindari pembahasan yang terlalu luas maka perlu adanya batasan pada permasalahan penelitian ini, yakni:

1. Penelitian ini dilakukan pada produsen pabrik gula Mojo yang berada di kabupaten Sragen, Jawa Tengah.
2. Perbaikan suplai produksi dilakukan pada dua lini yang berurutan yaitu lini pengadaan bahan baku dan lini produksi.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder terutama berdasarkan buku laporan tahunan dan kelengkapannya selama 10 tahun dan dalam bentuk periode jika diperlukan, serta data primer melalui observasi dan wawancara di lapangan.
4. Tujuan pada penelitian ini adalah mencapai biaya produksi gula kristal yang minimum.
5. Fungsi kendala yang dibahas adalah keterbatasan luas lahan, kebutuhan tenaga kerja, ketersediaan bahan baku, kegiatan tebang angkut, kapasitas lahan dan kapasitas giling pabrik, dan nilai rendemen.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian yang sudah di uraikan diatas, maka penelitian ini memiliki tujuan yaitu membuat sebuah model matematik rencana produksi dan kegiatan alokasi lahan pengadaan bahan baku produksi untuk meminimalkan biaya total produksi gula.

1.6 Metodologi Penelitian

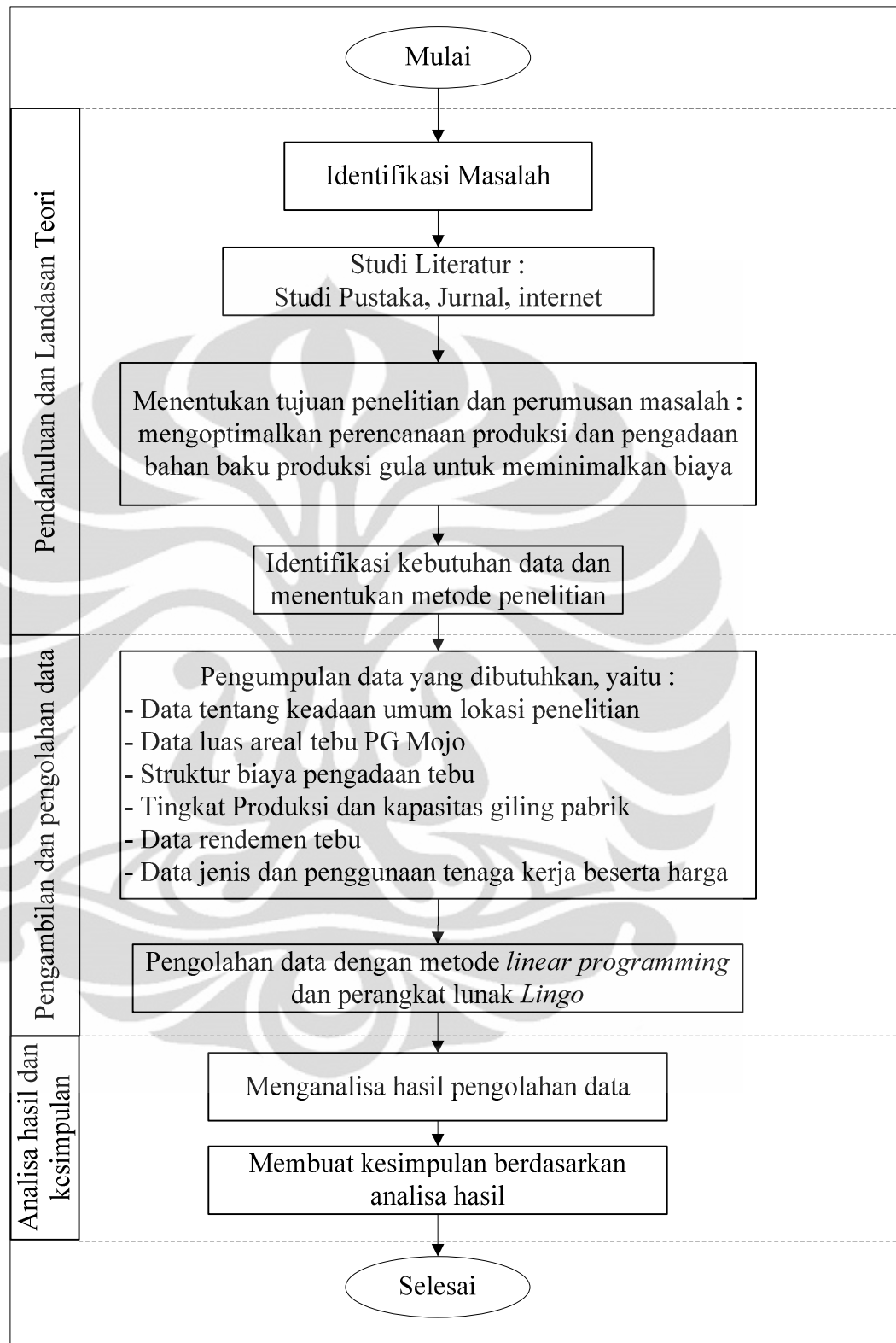
Penelitian dilaksanakan di Pabrik Gula Mojo Jalan Kyai Mojo No 01 Sragen, Jawa Tengah yang dikelola oleh PT. Perkebunan Nusantara IX (Persero). Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan bahwa Pabrik Gula Mojo merupakan salah satu unit usaha PT. Perkebunan Nusantara IX yang menghasilkan komoditas gula untuk memenuhi kebutuhan gula di Jawa Tengah. Kegiatan penelitian dilakukan pada bulan September hingga bulan Oktober 2011.

Metodologi penelitian yang akan digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di Pabrik Gula Mojo.
2. Mengumpulkan dan menyusun studi literatur yang berkaitan dengan masalah yang telah teridentifikasi.
3. Menentukan tujuan penelitian dan perumusan masalah.
4. Mengidentifikasi dan mengumpulkan data yang dibutuhkan, melalui dokumen perusahaan, wawancara dengan pekerja atau staf ahli, dan berdasarkan literatur.

Data-data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Data tentang keadaan umum lokasi penelitian, yang meliputi sejarah, organisasi, badan hukum, struktur organisasi dan manajemen, proses produksi, dan pengembangan usaha.
- b. Data luas areal tebu PG Mojo pada 10 masa tanam yaitu masa tanam 2002-2010.
- c. Struktur biaya pengadaan tebu.
- d. Tingkat Produksi dan kapasitas giling pabrik.
- e. Data rendemen tebu.
- f. Data jenis dan penggunaan tenaga kerja beserta harga / nilainya.
5. Mengolah data menggunakan *linear programming* dan perangkat lunak *Lingo*.
6. Menganalisa hasil pengolahan data dengan membandingkan antara hasil teori dengan kebijakan perusahaan selama ini.
7. Membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis.



Gambar 1.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar baku penulisan skripsi yang telah ditetapkan. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu: bab pertama adalah pendahuluan, bab kedua landasan teori, bab ketiga pengumpulan data, bab keempat pengolahan data dan analisis, dan bab kelima merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Bab pertama merupakan pengantar untuk menjelaskan isi penelitian secara garis besar. Pada dasarnya bab ini menjelaskan siapa, apa, bagaimana, kapan, dimana, dan mengapa penelitian ini dilakukan. Dalam bab ini terdapat uraian tentang latar belakang masalah, diagram keterkaitan permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan yang ingin dicapai, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab kedua merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian, meliputi perkembangan pabrik gula di Indonesia, bahan baku, optimasi, *linear programming*, dan penjelasan singkat perangkat lunak *Lingo*. Secara umum pembahasan difokuskan pada pengadaan bahan baku produksi dan teknik pencarian solusi yang paling optimal menggunakan *linear programming* dan perintah yang akan digunakan untuk mengolah data menggunakan perangkat lunak *Lingo*.

Bab ketiga menjelaskan data-data yang dibutuhkan dan telah dikumpulkan melalui studi lapangan, studi literatur, dan wawancara dengan staf ahli perusahaan. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data dari dua bagian, yaitu bagian tanaman (bahan baku) dan bagian produksi di pabrik gula Mojo.

Bab keempat adalah pengolahan data dan analisis. Untuk memperoleh tingkat optimal sistem pengadaan bahan baku, data akan diolah menggunakan metode *linear programming* dan dibantu oleh perangkat lunak *Lingo*. Kemudian akan dilakukan analisis untuk membandingkan hasil penelitian dengan kebijakan yang sekarang ditetapkan di perusahaan.

Bab kelima adalah kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengolahan data dan analisis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Lahan

Lahan merupakan sumber daya alam karunia dari Tuhan yang bersifat langka karena bersifat tidak bisa diperbaharui maupun ditambah jumlahnya, terlebih lagi untuk daerah perkotaan yang memiliki lahan yang terbatas. Lahan ialah suatu permukaan tanah yang menjadi pijakan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan dan berbagai macam kegiatan lainnya, sedangkan untuk tanah ialah lebih mengarah kepada jenis-jenis kimia yang terkandung di dalamnya. Lahan sendiri mempunyai sifat rentan terhadap konflik, sehingga perlu dikelola oleh pemerintah sebagai pihak yang berwenang diantara *stakeholders* lainnya yaitu pihak masyarakat dan pihak swasta (Yulianto, 2010).

Menurut Mochtarrram (dalam Ina, 2001) bahwa lahan mempunyai beberapa ciri, yaitu :

1. Permanen, artinya tidak berubah-ubah (bersifat tetap) dan tidak bisa diperbaharui.
2. *Supply* (ketersediaan) lahan terbatas dan langka.
3. Menjadi tumpuan harapan dari berbagai kepentingan para *stakeholders*.

Dalam penggunaan lahan perlu dikelola serta direncanakan fungsi dan penggunaan lahannya sesuai dengan karakteristik lahan tersebut sehingga mampu meredam konflik dimasa yang akan datang. Agar lahan tidak beralih fungsi menjadi hal yang tidak sesuai dengan rencana maka diperlukan penataan penggunaan tanah, yang sangat dikenal sebagai perencanaan tata guna tanah (*land use planning*).

2.2 Optimasi Pengadaan Bahan Baku

Optimasi merupakan masalah yang berhubungan dengan keputusan yang terbaik, maksimum, minimum dan memberikan cara penentuan solusi yang memuaskan. Salah satu bentuk umum masalah optimasi adalah untuk menentukan bersyarat $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ sehingga mencapai tujuannya

untuk memaksimalkan/ meminimumkan $f(x)$ dengan kendala $g_n(x) \geq 0$ dan untuk $x \geq 0$. dengan $f(x)$ dan $g_n(x)$ adalah fungsi yang diketahui dengan n variabel keputusan.

Dalam kehidupan sehari-hari, baik disadari maupun tidak, orang selalu melakukan optimasi untuk memenuhi kebutuhannya (Luknanto, 2000). Perkembangan permasalahan nyata yang dihadapi oleh manusia telah menyebabkan permasalahan optimasi juga ikut berkembang. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya faktor-faktor yang menyebabkan ketidaklinieran suatu fungsi. Dari sini lahirlah permasalahan optimasi nonlinier. Permasalahan ini banyak dijumpai dalam bidang ekonomi, industri, teknik dan bidang-bidang lainnya. Dua contoh diantaranya dapat dilihat dalam jurnal yang ditulis oleh Jamouille (2000) dan Benzergua (2006).

Optimasi diterapkan terhadap setiap alternatif yang dipertimbangkan, kemudian dari hasil-hasil yang diperoleh tersebut dipilih yang paling optimal. Model optimasi akan membantu penganalisis dalam mengambil keputusan kearah kerangka yang logis secara menyeluruh. Pengambilan keputusan adalah suatu proses yang dikembangkan secara bertahap dan sistematis. Suatu kriteria model yang baik harus dapat memenuhi tiga syarat berikut, yaitu mempunyai suatu ukuran atau nilai yang jelas untuk pengambilan keputusan yang tepat, dapat digunakan untuk menilai berbagai alternatif pilihan, dan dapat dengan mudah dihitung dan dijabarkan, (Yulianto,2010).

Dalam masalah optimasi terdapat dua bentuk masalah optimasi yaitu optimasi bersyarat dan optimasi tak bersyarat (Rizal, 2010).

1. Optimasi Tak Bersyarat

Optimasi tak bersyarat merupakan masalah optimasi yang tidak memiliki syarat atau tidak memiliki batasan- batasan, sehingga untuk $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ mempunyai fungsi tujuan adalah memaksimalkan/ meminimumkan $f(x)$. Syarat perlu dan syarat cukup untuk suatu penyelesaian $x = x^*$ merupakan penyelesaian optimal saat $f(x)$ merupakan fungsi yang dapat diturunkan adalah pada $x = x^*$, untuk $j = 1, 2, \dots, n$.

Dimana $f(x)$ dengan kondisi ini juga mencukupi, sehingga mencari solusi untuk x^* tereduksi menjadi penyelesaian dari sistem n persamaan yang diperoleh dengan n turunan parsial sama dengan nol.

2. Optimasi Bersyarat

Optimasi bersyarat adalah masalah optimasi yang memiliki syarat atau memiliki batasan - batasan yang merupakan masalah pemodelan matematika dalam optimasi fungsi yang mensyaratkan beberapa kondisi atau syarat untuk diperoleh solusi optimal yaitu syarat yang mengoptimalkan fungsi tujuan.

$$\text{Maksimumkan / Minimumkan } z = f(x), x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2.1)$$

$$\text{Dengan kendala: } g_1(x) (\leq, =, \geq) = b_1 \quad (2.2)$$

$$g_2(x) (\leq, =, \geq) = b_2 \quad (2.3)$$

...

$$g_m(x) (\leq, =, \geq) = b_m \quad (2.4)$$

Disini jika terjadi bahwa $m > n$ maka tidak dapat diselesaikan. Akan tetapi untuk dapat menyelesaikannya maka $m \leq n$ (jumlah kendala lebih kecil daripada variabel).

Bahan baku merupakan bahan yang membentuk bagian menyeluruh dari produk jadi. Bahan baku yang diolah dalam perusahaan manufaktur dapat dari pembelian lokal, impor, atau dari pengolahan sendiri, (Mulyadi 1986). Bahan baku digolongkan atas tiga criteria yaitu bahan mentah, *parts*, dan *supplies*. Bahan mentah adalah bagian terbesar dari barang jadi dan merupakan bagian pengeluaran terbesar dalam memproduksi suatu barang. *Parts* merupakan bagian dari produk jadi yang digunakan dalam jumlah kecil, sedangkan *supplies* merupakan bahan yang dipergunakan dalam proses produksi, akan tetapi tidak mengambil dari barang jadi, (Burton dalam Triwijayanti 2000).

Dalam analisis pengadaan bahan baku yang berasal dari produk-produk pertanian, terdapat lima unsur yang harus diperhatikan, yaitu (Austin dalam Triwijayanti, 2000):

1. Kuantitas, menunjukkan jumlah ketersediaan bahan baku
2. Kualitas, mencakup penentuan dan pengawasan mutu bahan baku

3. Waktu, karena hasil pertanian bersifat musiman, mudah rusak dan busuk
4. Biaya yang wajar
5. Organisasi yang meliputi struktur, kekuatan, dan integrasi vertical.

Tindakan-tindakan yang dapat dilakukan oleh perusahaan agroindustri dalam pengendalian kualitas produk-produk pertanian yang dihasilkan petani untuk kebutuhan agroindustri adalah sebagai berikut :

1. Menyediakan sarana produksi pertanian bagi petani
2. Memberi pengarahan teknis dan pelatihan kepada petani
3. Menyediakan sarana fisik
4. Member insentif harga bagi produk yang berkualitas
5. Melakukan pemeriksaan tanaman di lapang
6. Menanam sendiri tanaman-tanaman untuk kebutuhan agroindustri.

Masalah yang ada dalam proses optimalisasi pada pabrik gula Mojo adalah (Yosnual & Supsomboon, 2004):

1. Produksi tebu dari masing-masing lahan yang berbeda-beda.
2. Kemampuan giling pabrik untuk produksi gula
3. Penebang dan alat angkut tebang.
4. Jumlah permintaan yang berbeda tiap tahunnya.
5. Satuan uang yang digunakan adalah rupiah.

2.3 Pemrograman Linear

Program linear atau *linear programming* digunakan untuk optimasi model yang mana tujuan dan fungsi kendalanya adalah *linear*. Teknik ini dapat juga digunakan untuk bidang yang lebih luas lagi seperti agrikultur, industri, transportasi, ekonomi, sistem kesehatan dan ilmu sosial. *Program linear* juga sangat efisien untuk menghitung algoritma untuk permasalahan dengan ribuan kendala dan variabel (Taha, 2003).

Model adalah abstraksi atau penyederhanaan realitas sistem yang kompleks dimana hanya komponen-komponen yang relevan atau faktor-faktor yang dominan dari masalah yang dianalisis. Langkah untuk membuat peralihan dari realita ke model kuantitatif, dinamakan perumusan model. Model pemrograman linier mempunyai tiga unsur utama yaitu:

1. Variabel keputusan, merupakan variabel persoalan yang akan mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai.
2. Fungsi tujuan, merupakan tujuan yang hendak dicapai yang diwujudkan dalam sebuah fungsi matematik linier.
3. Fungsi kendala, merupakan pembatas terhadap kumpulan keputusan yang mungkin dibuat dan harus dituangkan ke dalam fungsi matematik linier. Ada tiga macam kendala, yakni:
 - a. Kendala berupa pembatas, dituangkan ke dalam fungsi matematika berupa pertidaksamaan dengan tanda “ \leq ”.
 - b. Kendala berupa syarat, dituangkan ke dalam fungsi matematika berupa pertidaksamaan dengan tanda “ \geq ”.
 - c. Kendala berupa keharusan, dituangkan ke dalam fungsi matematika berupa persamaan dengan tanda “ $=$ ”.

2.3.1 Bentuk Umum Model Pemrograman Linier (Ragsdale, 2007)

$$\text{Fungsi tujuan: Maksimumkan/minimumkan: } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.5)$$

Terhadap fungsi kendala:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} b_1 \quad (2.6)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} b_2 \quad (2.7)$$

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} b_i \quad (2.8)$$

$$X_j \geq 0 \quad (2.9)$$

Dimana:

X_j : variabel keputusan ke-j

C_j : parameter fungsi tujuan ke-j

b_i : kapasitas kendala ke-i

a_{ij} : parameter fungsi kendala ke-i untuk variabel keputusan ke-j

i : 1, 2, ..., m

j : 1, 2, ..., n

2.3.2 Asumsi Model Pemrograman Linier

Program linier memiliki asumsi tertentu yang harus dipenuhi, yakni:

1. *Proportional.*

Dipenuhi jika kontribusi setiap variabel pada fungsi tujuan atau penggunaan sumber daya yang membatasi proporsional terhadap *level* nilai variabel. Jika harga per unit produk misalnya adalah sama berapapun jumlah yang dibeli, maka sifat proporsional dipenuhi.

2. *Additivity.*

Additivity menyatakan bahwa tidak ada bentuk perkalian silang di antara berbagai aktivitas. Sifat ini berlaku bagi fungsi tujuan maupun kendala.

3. *Divisibility.*

Asumsi ini menyatakan bahwa variabel keputusan diperbolehkan memiliki nilai yang tidak *integer*.

4. *Deterministic.*

Setiap parameter (koefisien fungsi objektif, ruas sisi kanan koefisien pembatas) diketahui secara pasti. Hal ini menunjukkan bahwa semua parameter model berupa konstanta.

Tahapan dalam memformulasikan *Linear Programming* model yaitu (Ragsdale, 2007):

1. Memahami permasalahan yang ada.

Pada tahap ini akan muncul secara jelas apa yang menjadi masalah yang paling besar. Biasanya banyak orang yang cenderung mengesampingkan tahapan ini dan langsung mulai menulis fungsi tujuan dan pembatasnya, dan hal tersebut akan menghasilkan formulasi yang kurang tepat.

2. Identifikasi variabel tujuan.

Setelah memahami permasalahan yang ada, kita perlu untuk mengidentifikasi variabel tujuan yang diinginkan.

3. Merumuskan fungsi tujuan sebagai kombinasi linier dari variabel keputusan.

4. Merumuskan pembatas atau kendala sebagai kombinasi linier dari variabel keputusan.
5. Menentukan batas atas dan batas bawah dari variabel tujuan.

2.3.3 Metode Penyelesaian Model *Programa Linear* (Ibid dalam Syahabudin, 2008)

Programa Linear dapat diselesaikan dengan bermacam-macam metode diantaranya sebagai berikut :

a. *Two Variable LP Model*

Pada penyelesaian menggunakan metode ini terdapat setidaknya dua variabel masalah yang telah ada. Untuk penyelesaian *programa linier* dibutuhkan dua syarat seperti yang di atas yaitu yang pertama *proportionality* dimana membutuhkan kontribusi pada setiap variabel keputusan pada fungsi tujuan dan dibutuhkan kendala untuk secara proporsional langsung terhadap nilai variabel. Yang kedua *additivity* dimana menetapkan total kontribusi semua variabel dalam fungsi tujuan dan kebutuhan dalam kendala merupakan jumlah masing-masing kontribusi atau kebutuhan tiap variabel.

b. *Graphical LP Solution*

Pada penyelesaian menggunakan metode ini meliputi dua langkah yaitu yang pertama penentuan ruang solusi (*solution space*) yang mendefinisikan semua solusi yang mungkin dikerjakan pada model dan kedua menentukan solusi optimum dari semua titik yang mungkin dikerjakan (*feasible points*) pada ruang solusi.

c. *Graphical Sensitivity Analysis*

Untuk penyelesaian menggunakan metode ini akan dilakukan dengan menyelidiki dua kasus analisis sensitivitas berdasarkan *graphical linear programming solution* yang pertama mengubah koefisien tujuan dan yang kedua mengubah sisi kanan pada kendala.

d. *Computer Solution of LP Problems*

Metode ini dapat menggunakan beberapa perangkat lunak yang memudahkan penyelesaian, diantaranya : *TORA*, *Excel Solver*, *AMPL*,

dan *Lingo*, *TORA* dan *Excel Solver* didesain untuk permasalahan yang mudah. Sedangkan untuk permasalahan yang akan kita bahas selanjutnya menggunakan perangkat lunak *Lingo Release 10*.

e. *Analysis of Selected LP Models*

Metode ini lebih realistis untuk model *programa linear* yang mana definisi variabel dan bentuk fungsi tujuan dan kendala yang tidak lurus seperti pada *two-variable linear programming*.

Pemrograman linier *integer* (*integer linear programming*) pada intinya berkaitan dengan *linier programming* dimana beberapa atau semua variabel memiliki nilai *integer* (bulat). *Integer programming* dibagi atas tiga jenis, yaitu:

1. Program *integer* murni (*pure integer programming*), semua variabel keputusannya adalah *integer*.
2. Program *integer* campuran (*mixed integer programming*), sebagian keputusannya adalah *integer*.
3. Program *integer* 0-1 (*zero one integer programming*), variabel keputusannya hanya memiliki nilai 0 atau 1.

Model matematis untuk pemrograman linier *integer* serupa dengan model pemrograman linier, perbedaannya hanya ada penambahan 1 kendala bahwa variabelnya harus berupa bilangan bulat. Pada dasarnya *integer programming* merupakan analisis pasca optimal pemrograman linier. Jika program linier menghasilkan bilangan pecahan, maka untuk mendapat bilangan bulat yang optimal dilakukan dengan *integer programming*.

2.4 Peramalan

Peramalan merupakan seni dan ilmu memprediksi peristiwa-peristiwa masa depan. Peramalan memerlukan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa model matematis. Prinsip yang harus dipegang dalam peramalan antara lain (Barry Render, 2001):

1. Ramalan selalu mengandung kesalahan (*error*).
2. Kesalahan harus terukur untuk menentukan langkah selanjutnya.

3. Ramalan satu famili produk lebih teliti daripada *end item*.
4. Ramalan jangka pendek lebih teliti dari ramalan jangka panjang.

Sedangkan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam membuat peramalan adalah:

1. Jangkauan peramalan.
2. Tingkat ketelitian.
3. Ketersediaan data.
4. Bentuk pola data.
5. Biaya.

2.4.1 Metode Peramalan

Pada dasarnya teknik peramalan dibedakan menjadi dua, yaitu teknik peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Teknik peramalan kualitatif berhubungan dengan data-data kualitatif, sedangkan teknik peramalan kuantitatif berdasarkan data-data yang berupa angka-angka (Rosnani Ginting, 2007). Fokus peramalan yaitu mencoba beberapa peraturan yang terlihat masuk akal dan mudah dimengerti untuk data proyek masa lalu yang digunakan sebagai dasar penentuan dimasa depan (Chase, 2007).

Salah satu cara untuk mengklasifikasikan permasalahan pada peramalan adalah mempertimbangkan skala waktu peramalannya yaitu seberapa jauh rentang waktu data yang ada untuk diramalkan. Terdapat tiga kategori waktu yaitu jangka pendek (minggu → bulan), menengah (bulan → tahun), dan jangka panjang (tahun → dekade), (Murahartawaty).

2.4.2 Metode Peramalan kualitatif (Slack, 2010)

Umumnya bersifat subjektif, beberapa metode peramalan yang digolongkan sebagai model kualitatif adalah sebagai berikut :

- a. *Metode Delphi*, Sekelompok pakar mengisi kuesioner, Moderator menyimpulkan hasilnya dan memformulasikan menjadi suatu kuesioner baru.

- b. *Dugaan manajemen (management estimate) atau Panel Consensus*, dimana peramalan semata-mata berdasarkan pertimbangan manajemen.
- c. *Riset Pasar (market research)*, merupakan metode peramalan berdasarkan hasil-hasil dari survei pasar yang dilakukan oleh tenaga pemasar produk.
- d. *Metode kelompok terstruktur (structured group methods)*, seperti metode Delphi, dan lain lain.
- e. *Analogi historis (Historical Analogy)*, merupakan teknik peramalan berdasarkan pola data masa lalu yang dapat disamakan secara Analogi.

2.4.3 Metode Peramalan Kuantitatif (*Statistical Method*)

Prosedur yang digunakan dalam peramalan secara kuantitatif adalah:

1. Definisikan tujuan peramalan.
2. Pembuatan diagram pencair.
3. Pilih minimal dua metode peramalan yang dianggap sesuai.
4. Hitung parameter – parameter fungsi peramalan.
5. Hitung kesalahan setiap metode peramalan.
6. Pilih metode yang terbaik, yaitu yang memiliki kesalahan terkecil.
7. Lakukan verifikasi peramalan.

Jenis-jenis peramalan metode kuantitatif (Rosnani Ginting, 2007):

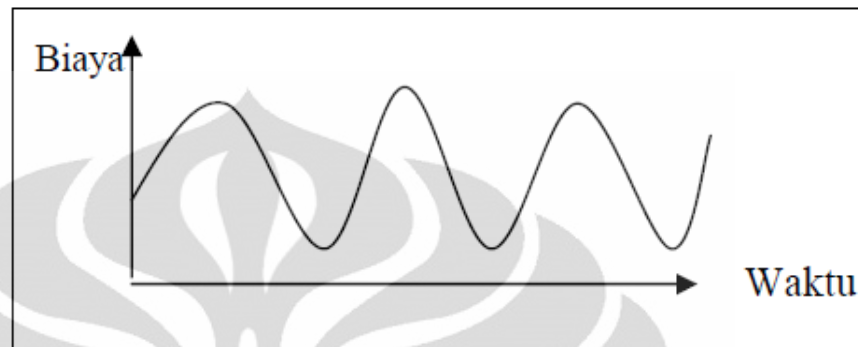
a. Metode *Time Series*

Ada empat komponen utama yang mempengaruhi analisis ini, yaitu:

1. *Pola Siklis (Cycle)*.

Siklus perubahan atau naik turunnya volume permintaan selama tahun-tahun yang telah lalu dan yang akan datang, kita tarik kecenderungannya tentu disebabkan atau dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang secara periodik dan tetap harus ada atau terjadi selama periode tahunan yang akan datang. Biasanya siklus bisa kita duga sebelumnya bahwa dengan datangnya permintaan yang meningkat pada periode tertentu sudah bisa kita prediksi kejadiannya. Begitu juga atas terjadinya penurunan permintaan

oleh konsumen kita mesti dapat menduga sebelumnya pada periode tertentu selama tahun yang bersangkutan. Penjualan produk memiliki siklus yang berulang, sesuai Gambar 2.1.

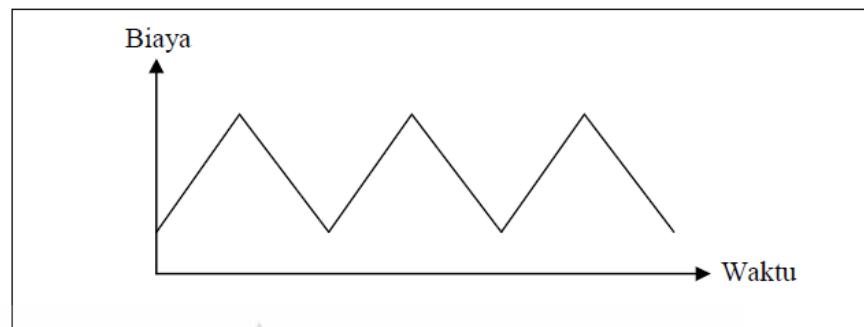


Gambar 2.1 Pola Siklus (sumber : Rosnani Ginting, 2007)

2. Pola Musiman (Seasonal)

Melakukan prakiraan volume permintaan konsumen di waktu-waktu yang akan datang dapat didasarkan pada gelombang musiman yang melekat pada kultur budaya atau kebiasaan dari masyarakat. Tetapi dapat juga karena faktor sifat dan keadaan alam yang melekat pada iklim atau cuaca. Misalnya produksi musim semi, gugur, dan musim hujan bahkan musim kemarau.

Sifat masyarakat yang menimbulkan musiman ini oleh karena faktor budaya dan kebiasaan misalnya karena musim hari raya keagamaan. Pada saat itu biasanya masyarakat akan memiliki ajat yang cukup besar dalam melakukan pemenuhan konsumsi barang keperluan pesta dan sehari-hari. Maka dapat dipastikan pada periode ini permintaan akan kebutuhan dan keperluan konsumsi akan meningkat dalam jumlah yang cukup berarti. Demikian juga ketika datang musim bulan-bulan baik maka banyak masyarakat menggunakan bulan tersebut melaksanakan hajjat perkawinan, pesta perkawinan, yang memerlukan konsumsi dan persediaan barang kebutuhan untuk keperluan tersebut. Pola data musiman dapat dilihat pada Gambar 2.2.



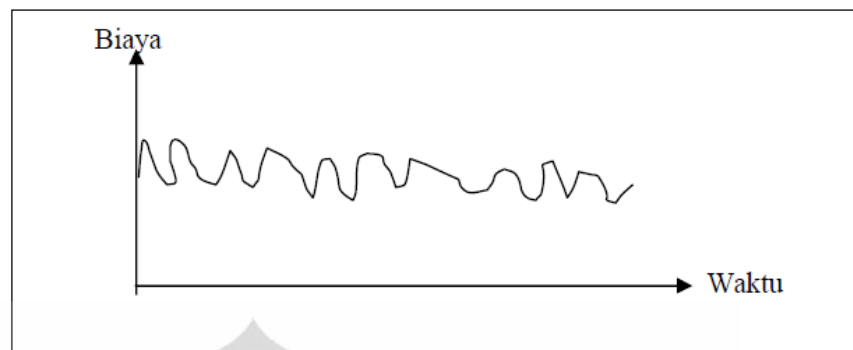
Gambar 2.2. Pola Musiman (sumber : Rosnani Ginting, 2007)

3. *Pola Horizontal,*

Metode rata-rata bergerak ini dilakukan untuk lebih memperbaiki hasil dari metode trend yang dinilai cukup kasar dan cukup besar risiko penyimpangan dari hasil trend seperti yang telah ditampilkan sebelum ini. Metode rata-rata bergerak, sesuai dengan yang namanya bergerak dilakukan dengan pengelompokan periode waktu dihitung rata-ratanya menurut pengelompokan periode waktu dihitung.

Kepentingan peramalan yang akan dipakai apakah dalam skop jangka pendek nilai ramalan yang diketahui atau dalam rentang waktu yang lebih panjang. Kalau menggunakan rentang waktu yang lebih pendek maka hasil rata-rata bergerak yang akan kita peroleh akan lebih mendekati kondisi sifat data yang sebenarnya dan rata-rata yang kita temukan terdistribusi atau tersebar pada kelompok data faktual. Sedangkan jika satuan waktu yang lebih panjang, rata-rata yang kita peroleh akan lebih mewakili sejumlah data yang lebih banyak dan beraneka macam fluktuasinya, sehingga rata-rata bergerakaknya lebih tersebar dan kurang mewakili fakta sifat data yang tersebar tersebut. Terkecuali sifat data lebih homogen dan tidak terlalu fluktuatif.

Pola data terjadi bila nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata sesuai Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pola Horizontal (sumber : Rosnani Ginting, 2007)

4. *Pola Trend*

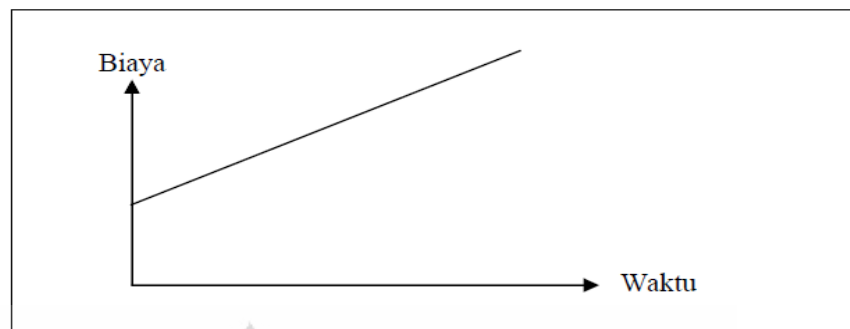
Metode proyeksi trend ini merupakan metode yang paling sederhana dibanding dengan metode yang lainnya. Karena di dalam metode ini hanya dengan menarik garis lurus sesuai dengan kecenderungan data *time series* yang ada. Jika data *time series* yang dijadikan pijakan dalam menarik garis lurus ini ada kecenderungan meningkat, maka garis lurus yang ditarik cenderung naik sesuai dengan kecenderungan peningkatan yang terjadi atau yang akan terjadi.

Rumus yang dipakai dalam menarik garis lurus ini adalah:

$$St = So + bt$$

Di mana St merupakan nilai variabel yang akan diramal pada periode t . So adalah nilai estimasi dari *time series* (nilai konstanta dari fungsi *forecast*) pada tahun dasar. Dan b merupakan koefisien kecenderungan kemiringan garis *forecast* yang akan ditarik, atau angka absolut pertumbuhan atau penurunan per periode. Dan t merupakan lama waktu di mana *time series* dalam periode yang diramalkan.

Pola data ini terjadi bila data memiliki kecenderungan untuk naik atau turun terus menerus sesuai Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Pola Trend (sumber : Rosnani Ginting, 2007)

Adapun metode peramalan yang termasuk model *time series* diantaranya adalah Metode Penghalusan (*Smoothing*), dimana metode *smoothing* digunakan untuk mengurangi ketidakteraturan musiman dari data yang lalu, terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

1. Metode Rata-rata Bergerak (*Moving Average*), terdiri atas :
 - a. *Single Moving Average* (SMA)
 - b. *Linier Moving Average* (LMA)
 - c. *Weigthed Moving Average*
2. Metode *Exponential Smoothing*, terdiri atas :
 - a. *Single Exponential Smoothing*
 - b. *Double Exponential Smoothing* (DES)
 - c. *Exponential Smoothing* dengan musiman

b. Metode dekomposisi

Merupakan metode yang hasil peramalannya ditentukan dengan kombinasi dari fungsi-fungsi atau pola data yang ada seperti *trend*, siklus, dan musiman.

c. Metode regresi

Tujuan dari metode ini adalah mencari bentuk fungsi dari suatu data.

Bentuk fungsi dari metode ini dapat berupa:

- a. Konstan, dengan fungsi peramalan (Y_t):

$$Y_t = a \quad (2.10)$$

Dimana:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m Y_t}{N} \quad (2.11)$$

Keterangan :

N = jumlah periode

b. Linier, dengan fungsi peramalan:

$$Y_t = a + bt \quad (2.12)$$

Dimana:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i - b \sum_{i=1}^m t_i}{n} \quad (2.13)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^m t_i Y_i - \sum_{i=1}^m t_i \sum_{i=1}^m Y_i}{n \sum_{i=1}^m t_i^2 - \sum_{i=1}^m (t_i)^2} \quad (2.14)$$

c. Kuadratis, dengan fungsi peramalan:

$$Y_t = a + bt + ct^2 \quad (2.15)$$

Dimana:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i - b \sum_{i=1}^m t_i - c \sum_{i=1}^m t_i^2}{n} \quad (2.16)$$

$$b = \frac{\partial \delta - \theta \alpha}{\delta \beta - \alpha^2} \quad (2.17)$$

$$c = \frac{\theta - b \alpha}{\partial} \quad (2.18)$$

$$\partial = (\sum_{i=1}^m t_i^2)^2 - n \sum_{i=1}^m t_i^4 \quad (2.19)$$

$$\delta = \sum_{i=1}^m t_i \sum_{i=1}^m Y_i - n \sum_{i=1}^m t_i Y_i \quad (2.20)$$

$$\theta = \sum_{i=1}^m t_i^2 \sum_{i=1}^m Y_i - n \sum_{i=1}^m t_i^2 Y_i \quad (2.21)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^m t_i^2 \sum_{i=1}^m t_i^m - n \sum_{i=1}^m t_i^3 \quad (2.22)$$

d. Eksponensial, dengan fungsi peramalan:

$$Y_t = ae^{bt} \quad (2.23)$$

Dimana:

$$\ln a = \frac{\sum_{i=1}^m \ln Y_i - b \sum_{i=1}^m t_i}{n} \quad (2.24)$$

$$\ln a = \frac{n \sum_{i=1}^m t_i \ln Y_i - \sum_{i=1}^m t_i \sum_{i=1}^m \ln Y_i}{n} \quad (2.25)$$

e. Siklis, dengan fungsi peramalan:

$$Y = a + b \sin \frac{2\pi t}{n} + c \cos \frac{2\pi t}{n} \quad (2.26)$$

Dimana:

$$\sum_{i=1}^m Y_i = na + b \sum_{i=1}^m \left(\sin \frac{2\pi t_i}{n} \right) + c \sum_{i=1}^m \left(\cos \frac{2\pi t_i}{n} \right) \quad (2.27)$$

$$\sum_{i=1}^m Y_i \sin \frac{2\pi t_i}{n} = a \sum_{i=1}^m \sin \frac{2\pi t_i}{n} + b \sum_{i=1}^m \sin^2 \frac{2\pi t_i}{n} + c \sum_{i=1}^m \sin \frac{2\pi t_i}{n} \cos \frac{2\pi t_i}{n} \quad (2.28)$$

$$\sum_{i=1}^m Y_i \cos \frac{2\pi t_i}{n} = a \sum_{i=1}^m \cos \frac{2\pi t_i}{n} + c \sum_{i=1}^m \cos^2 \frac{2\pi t_i}{n} + b \sum_{i=1}^m \sin \frac{2\pi t_i}{n} \cos \frac{2\pi t_i}{n} \quad (2.29)$$

2.4.4 Analisa Kesalahan Peramalan

Hasil perkiraan ramalan yang tepat atau paling tidak dapat memberikan gambaran yang paling mendekati sehingga rencana yang dibuat merupakan rencana yang realistis. Kesalahan yang kecil memberikan arti ketelitian peramalan tinggi, keakuratan hasil peramalan tinggi, begitu pula sebaliknya. Parameter kesalahan suatu peramalan secara statistik dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus seperti terlihat dalam tabel 2.1. berikut ini:

Tabel 2.1. Ukuran Statistik Parameter Kesalahan Peramalan

No.	Parameter Kesalahan	Rumus	Keterangan
1	Mean Error (ME)	$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$	X_t = data aktual periode t F_t = nilai ramalan periode t n = banyaknya periode f = derajat kebebasan e_i = banyaknya kesalahan
2	Mean Absolute Error (MAE)	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i }{n}$	
3	Sum of Squared Error (SSE)	$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2$	
4	Mean Square Error (MSE)	$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}$	
5	Standar Deviation Error (SDE)	$SDE = \frac{\sum_{t=1}^n e_i^2}{n-1}$	
6	Standar Error of Estimate (SEE)	$SSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n-f}}$	

Sumber : Nasution, Arman Hakim. (2003). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*.

2.5 Penyelesaian Program Linier menggunakan *Lingo*

Dalam penyelesaian permasalahan *programa linear* dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi, seperti jika menggunakan ribuan variabel dan kendala, maka tidak mungkin kita menyelesaikan secara manual. Oleh sebab itu diperlukan perangkat lunak yang mempermudah pekerjaan dan lebih efisien dan teliti dalam waktu pengerjaan (Syahabudin, 2008).

Lingo adalah salah satu perangkat lunak (program) dibawah Winston termasuk satu paket dengan Lindo. Tampilan Lingo tidak jauh berbeda dengan Lindo, Program Lingo lebih dekat dengan bentuk pemrograman bahasa tertentu. Hampir semua program Lindo dapat dikerjakan dengan program Lingo, tetapi tidak sebaliknya, misalnya pada program Lingo dapat membuat grafik non-linear, misalnya grafik sinus, sementara program Lindo tidak dapat melakukannya (Schrage, 2006).

Membuat program pada Lingo

Cara membuat program pada Lingo untuk menyelesaikan program linear tidak jauh berbeda dengan program pada Lindo, misalnya pada program Lindo kita tuliskan

Model Matematika :

Tujuan : $\text{MAX } Z : 85000 X_1 + 75000 X_2 + 70000 X_3$

Kendala :

$$X_1 + X_2 + 2 X_3 \leq 17$$

$$2 X_1 + 2 X_2 + X_3 \leq 22$$

$$3 X_1 + 2 X_2 + 2 X_3 \leq 30$$

Maka pada program Lingo kita tuliskan sebagai berikut:

!Model;

MAX = 85000 * X₁ + 75000 * X₂ + 70000 * X₃;

!Subject to;

$$X_1 + X_2 + 2 * X_3 <= 17;$$

$$2 * X_1 + 2 * X_2 + X_3 <= 22;$$

$$* X_1 + 2 * X_2 + 2 * X_3 <= 30;$$

!END;

2.6 Profil perusahaan

2.6.1 Sejarah Perusahaan

Pabrik Gula Mojo Sragen adalah salah satu dari delapan pabrik gula yang berada dibawah naungan PT. Perkebunan Nusantara IX (Persero) Divisi Tanaman Semusim. Pabrik Gula Mojo terletak di Daerah Tingkat II Sragen tepatnya di Kampung Mojo, Kelurahan Sragen Kulon, Kecamatan Sragen, Kabupaten Sragen, Propinsi Jawa Tengah.

Pabrik Gula Mojo Sragen adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan gula pasir tebu yang didirikan pada tahun 1883 oleh maskapai Belanda bernama *NV Culcutre Masscavay Laure* (CML) yang berpusat di Den Haag dan di Indonesia berpusat di Semarang. Pabrik Gula Mojo mulai memproduksi (giling) pada tahun 1885 dengan tenaga kerja diutamakan dari daerah setempat. Mulai dari awal berdirinya, Pabrik Gula Mojo memproses tebu menjadi gula kristal putih dan dalam perkembangannya sampai sekarang telah mengalami beberapa kali rehabilitasi dari kapasitas awal 1500 TCD hingga 2800 TCD.

Pada perkembangannya, pengelolaan Pabrik Gula Mojo masih dilakukan oleh Pemerintah Belanda. Tahun 1952 penanganan Pabrik Gula Mojo dibawah NV Miradolk Volto & Co, yang merupakan perusahaan milik pemerintah Hindia Belanda. Namun, mulai tanggal 10 Desember 1957 penanganannya diambil alih oleh pemerintah Indonesia dengan dikeluarkannya SK Premi/YY IV tanggal 17 Desember 1957 tentang perintah pengoperasian perusahaan Belanda. Pada tanggal 10 Desember 1957 Pabrik Gula Mojo diambil alih oleh pemerintah Indonesia dan dimasukkan ke PPN (Perusahaan Perkebunan Negara). Dengan peraturan Pemerintah Nomor 164 tahun 1961 pabrik gula ini dimasukkan dalam PPN Kesatuan Jawa Tengah V dengan kantor Direksi di Jalan Ronggowarsito 164 Solo.

Pada tahun 1963 berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 1 tahun 1963 Pabrik Gula Mojo berubah menjadi Badan Hukum dan Pengawasan dilakukan oleh Inspeksi Badan Pimpinan Umum Perusahaan Perkebunan Negara (BPUPPN) Gula IV. Kemudian berdasarkan PP No. 24 tahun 1963

Pabrik Gula Mojo masuk ke dalam PNP (Perusahaan Negara Perkebunan) XVI.

Tahun 1981 berdasarkan PP No. 11 tahun 1981 tentang penggabungan antara PTP XV (Persero) Semarang dan PTP XVI (Persero) Solo, maka Pabrik Gula Mojo Sragen termasuk ke dalam PTP XV-XVI (Persero) yang berpusat di Solo (Direksi) dengan kantor perwakilan di Semarang. PTP XV-XVI (Persero) terdiri dari 13 unit produksi yang dipimpin oleh seorang Administratur dan satu unit produksi yang dipimpin oleh seorang pimpinan.

Berdasarkan PP No. 14 tahun 1996, tanggal 14 Februari 1996 PTP XV-XVI (Persero) dilebur menjadi satu dengan PTP XVIII yaitu menjadi Perusahaan Perseroan PT Perkebunan Nusantara IX yang berpusat di Semarang yang dipimpin oleh seorang Direksi dan di Solo sebagai kantor Divisi Tanaman Semusim. Adapun sistem kerjanya menggiling tebu menjadi gula dari perkebunan tebu KUD-KUD atau sekelompok petani tebu ataupun perusahaan swasta yang bergerak di bidang perkebunan tebu.

2.6.2 Lokasi Perusahaan

Pabrik Gula Mojo terletak di Jalan Kyai Mojo I Desa Mojo, Kelurahan Sragen Kulon, Kecamatan Sragen, Kabupaten Sragen. Kabupaten Sragen merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Jawa Tengah yang secara geografis berada di perbatasan antara Jawa Tengah dan Jawa Timur, sedangkan secara astronomis terletak pada $7^{\circ} 15' \text{ LS} - 7^{\circ} 30' \text{ LS}$ dan $110^{\circ} 45' \text{ BT} - 111^{\circ} 10' \text{ BT}$. Kabupaten Sragen berbatasan dengan Kabupaten Grobogan di Utara, Kabupaten Ngawi (Jawa Timur) di timur, Kabupaten Karanganyar di selatan, dan Kabupaten Boyolali di sebelah barat.

2.6.3 Visi dan Misi Perusahaan

- Visi

Menjadi perusahaan agribisnis dan agroindustri yang menghasilkan produk yang berkualitas dan tumbuh kembang bersama mitra.

- Misi

Melalui pemberdayaan seluruh sumberdaya perusahaan secara bertahap melakukan peningkatan kualitas dan kuantitas produk serta pengembangan usaha diversifikasi menuju sasaran profitisasi dan pertumbuhan perusahaan yang mengarah pada kelangsungan hidup perusahaan.

Adapun misi dari Pabrik Gula Mojo untuk mewujudkan visi perusahaan adalah sebagai berikut :

- a. Memproduksi dan memasarkan produk gula dan tetes ke pasar domestik dan internasional untuk menghasilkan pertumbuhan laba (*profit growth*).
- b. Menggunakan teknologi yang menghasilkan produk bernilai (*deliveryvalue*) yang dikehendaki pasar dengan proses produksi yang ramah lingkungan.
- c. Meningkatkan kesejahteraan karyawan, menciptakan lingkungan kerja yang sehat serta menyelenggarakan pelatihan guna menjaga motivasi karyawan dalam upaya meningkatkan produktivitas kerja.
- d. Mengembangkan produk hilir, agrowisata, dan usaha lainnya untuk mendukung kinerja perusahaan.
- e. Membangun sinergi dengan mitra usaha strategis dan masyarakat lingkungan usaha untuk mewujudkan kesejahteraan bersama.
- f. Bersama petani tebu mendukung program pemerintah dalam pemenuhan kebutuhan gula nasional.
- g. Memberdayakan seluruh sumber daya perusahaan dan potensi lingkungan guna mendukung pembangunan ekonomi nasional melalui penciptaan lapangan kerja.
- h. Melaksanakan Program Kemitraan Bina Lingkungan (PKBL) sebagai wujud kepedulian dan tanggung jawab sosial terhadap kesejahteraan masyarakat di sekitar lokasi perusahaan.
- i. Menjaga kelestarian lingkungan melalui pemeliharaan tanaman dan peningkatan kesuburan tanah.

2.6.4 Tujuan dan Budaya Pabrik

- Tujuan Perusahaan

Menumbuhkembangkan perusahaan guna memberikan nilai kepada *shareholder* dan *stakeholder* dengan menghasilkan laba yang semakin meningkat (*profit growth*).

- Budaya Perusahaan

Dengan prinsip-prinsip GCG (*Transparancy, Independency, Responsibility, Accountability, dan Fairness*). Budaya perusahaan dirumuskan menjadi 5P, yaitu :

- ✓ Perasaan memiliki
- ✓ Profesionalisme
- ✓ Produktivitas
- ✓ Peduli lingkungan
- ✓ Pelayanan terbaik

Sampai dengan tahun 2008 Pabrik Gula Mojo telah berupaya untuk mengembangkan kompetensi dan kualitas hidup (*quality of life*) seluruh karyawan dalam upaya meningkatkan kinerja dan motivasi melalui program pendidikan, pelatihan, dan peningkatan fasilitas-fasilitas sosial yang dilaksanakan secara berkesinambungan.

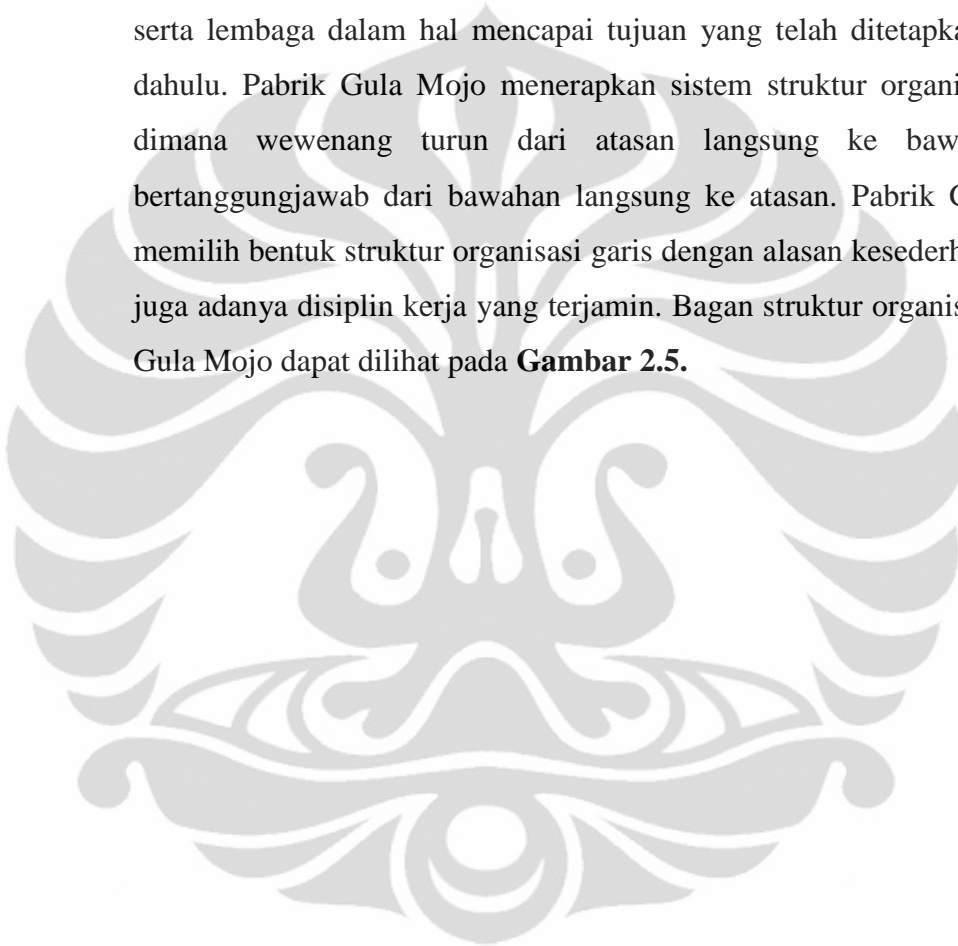
2.6.5 Struktur Organisasi Pabrik Gula Mojo

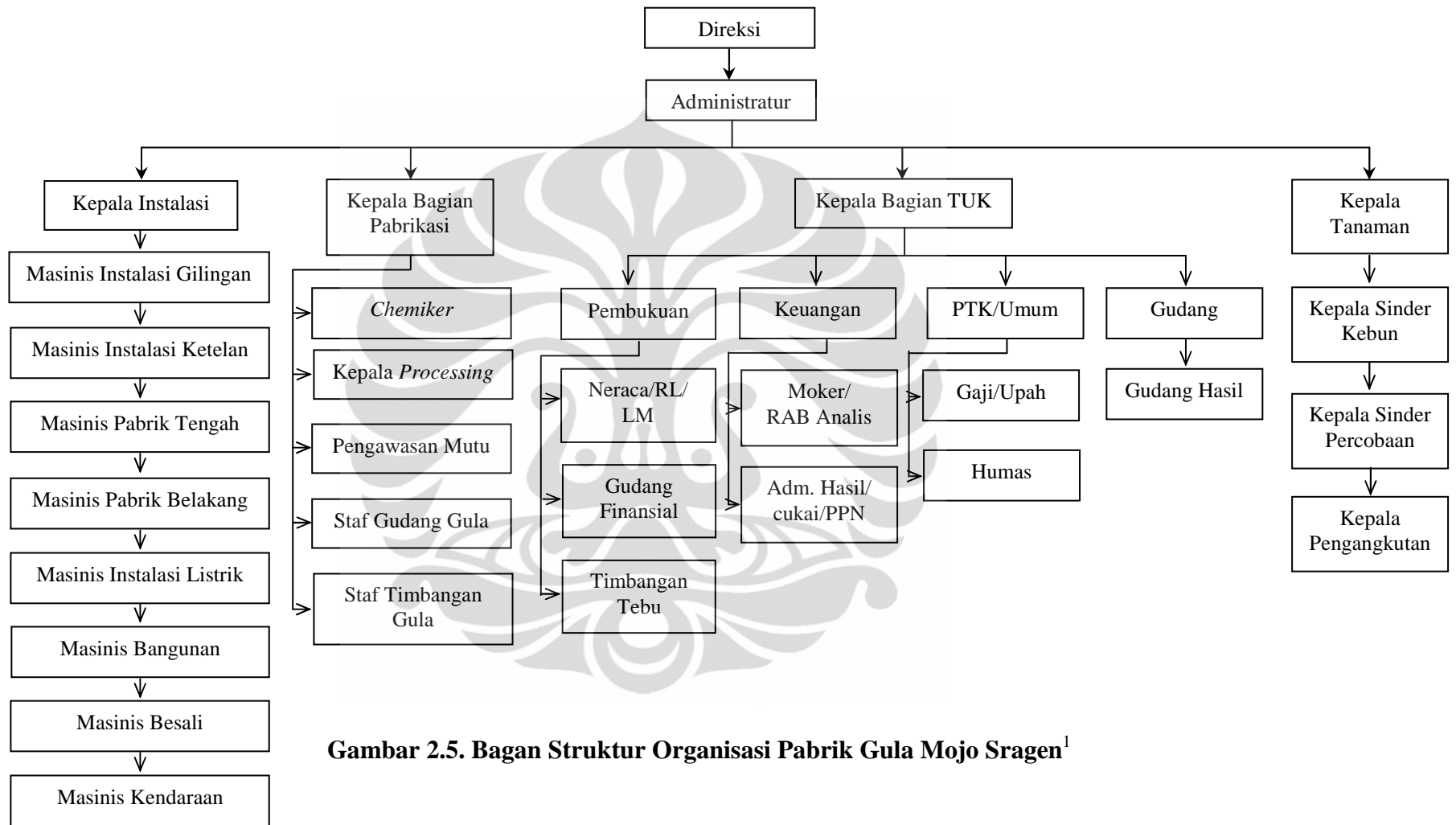
Setiap perusahaan dalam usaha untuk mencapai suatu tujuan, pemilihan struktur organisasi tidak boleh diabaikan dan dalam menyusun suatu struktur organisasi berbeda-beda untuk tiap perusahaan. Maka perlu ditetapkan terlebih dahulu mengenai pekerjaan-pekerjaan, wewenang, serta tanggung jawab mengenai pekerjaan yang harus dilakukan. Dalam pekerjaan-pekerjaan ini harus dibagi menjadi tugas yang lebih kecil agar dapat dilaksanakan oleh setiap personil perusahaan. Penetapan tugas dan pembagian pekerjaan-pekerjaan tersebut pada umumnya disebut struktur organisasi.

Pabrik Gula Mojo Kabupaten Sragen dipimpin oleh seorang administratur yang bertugas melaksanakan keputusan dan kebijaksanaan

dalam pengelolaan pabrik sesuai dengan garis yang telah ditetapkan oleh Direksi PT. Perkebunan Nusantara IX (Persero). Mengkoordinasi dan memimpin staf serta karyawan dalam ketenagakerjaan, sarana produksi maupun manajemen dan mempertanggungjawabkannya kepada Direksi.

Adanya struktur organisasi ini maka akan jelas mengenai tugas dan tanggung jawab serta wewenang para pekerja dari suatu badan usaha serta lembaga dalam hal mencapai tujuan yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Pabrik Gula Mojo menerapkan sistem struktur organisasi garis, dimana wewenang turun dari atasan langsung ke bawahan dan bertanggungjawab dari bawahan langsung ke atasan. Pabrik Gula Mojo memilih bentuk struktur organisasi garis dengan alasan kesederhanaan dan juga adanya disiplin kerja yang terjamin. Bagan struktur organisasi Pabrik Gula Mojo dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.





Gambar 2.5. Bagan Struktur Organisasi Pabrik Gula Mojo Sragen¹

¹ PTPN IX (Persero) Unit Pabrik Gula Mojo Sragen, 2010.

Adapun fungsi utama, kewajiban dan tanggung jawab masing-masing bagian dalam struktur organisasi Pabrik Gula Mojo secara umum adalah sebagai berikut :

1. Administratur

- a. Melaksanakan keputusan atau kebijaksanaan dalam pengolahan Pabrik Gula yang diterapkan oleh Direksi
- b. Memimpin dan mengelola semua faktor produksi yang menjadi tanggung jawabnya secara terus menerus, meliputi :
 - 1) Perencanaan dan pelaksanaan semua kegiatan operasional produksi, finansial, dan administratif dengan berpedoman pada *policy* perusahaan, RAB, instruksi-instruksi dan ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk mencapai sasaran yang ditentukan dengan efektif dan efisien.
 - 2) Membina hubungan baik kepada petani atau TRI (Tebu Rakyat Intensifikasi), Badan atau Lembaga, Bimas atau KUD, instansi-instansi pemerintah dan pihak-pihak yang berkompeten guna menjamin tersedianya bahan baku tebu yang cukup untuk sekarang maupun di masa mendatang dengan pengarahan kebijaksanaan pada produksi tebu rakyat.
- c. Memberikan saran, pendapat, umpan balik serta pertimbangan-pertimbangan berdasarkan kesimpulan-kesimpulan atas hasil-hasil monitoring, analisa dan evaluasi kepada Direksi baik diminta ataupun tidak tentang hal-hal yang dipandang perlu dalam pengelolaan pabrik gula guna mencapai hasil usaha yang optimal.

Sedangkan kewajiban dan tanggung jawab administratur adalah sebagai berikut :

- a. Dalam menjalankan tugas manajerial secara keseluruhan administratur bertanggung jawab kepada Direksi Utama, sedangkan dalam tugas-tugas rutin baik teknis maupun administratif bertanggung jawab kepada anggota Direksi dalam fungsinya masing-masing dan mempunyai wewenang yang sebanding dalam menjalankan tugas-tugas perusahaan.

- b. Administratur bertanggung jawab atas semua bidang kegiatan pabrik gula dan langsung memimpin bagian-bagian yang meliputi tanaman, instansi, pabrikasi, dan Tata Usaha dan Keuangan (TUK).
2. Kepala TUK (Tata Usaha dan Keuangan)
 - a. Menjalankan keputusan untuk melaksanakan rencana, rincian kerja, prosedur dan kebijaksanaan bidang tata usaha dan keuangan yang ditetapkan oleh administratur sesuai garis Direksi yang mengarah pada tercapainya sasaran perusahaan dengan efektivitas dan efisiensi.
 - b. Memberikan saran, pendapat, informasi dan umpan balik kepada administratur tentang persoalan-persoalan dalam bidangnya dalam rangka peningkatan atau pengembangan usaha perusahaan.
 - c. Dalam melaksanakan tugasnya, kepala TUK bertanggung jawab kepada administratur dan mempunyai wewenang yang sebanding dalam melaksanakan tugas-tugas perusahaan.
 - d. Kepala TUK mengkoordinir dan bertanggung jawab atas tugas-tugas dalam bidangnya yang meliputi bidang-bidang umum atau PTK, keuangan, pembukuan dan pergudangan.
 3. Kepala Tanaman
 - a. Dalam melaksanakan tugasnya, Kepala Tanaman bertanggung jawab kepada administratur dan mempunyai wewenang yang sebanding untuk melaksanakan tugas-tugas perusahaan.
 - b. Kepala Tanaman bertanggung jawab atas tugas-tugas dalam bidangnya dan secara langsung memimpin dan mengkoordinir Sinder. Sinder bertugas melaksanakan kegiatan pengadaan bahan baku tebu mulai dari persiapan areal kebun, penanaman tebu, dan pemeliharaan sampai tebu siap ditebang. Sinder terdiri dari :
 - Kepala Rayon/Sinder Kebun Kepala (HTO)
 - Sinder Kebun (TO) selaku manajer afdeling
 - Sinder kebun percobaan
 - Kepala tebang dan angkutan tebu

4. Kepala Instalasi

- a. Menjalankan keputusan yang ditetapkan oleh administrator sesuai garis Direksi untuk melaksanakan semua rencana, program, rincian kerja, prosedur dan kebijaksanaan di bidang instalasi pabrik gula secara efektif dalam memproduksi gula dalam bidang meningkatkan efisiensi dan produktivitas pabrik.
- b. Memimpin atau mengkoordinasi para masinis, staf atau karyawan bagian instalasi, serta bertanggung jawab atas tugas-tugas dalam bagiannya untuk mencapai efisiensi dan efektivitas biaya di bidang instalasi dan terselenggaranya ketetapan pelaksanaan teknis sesuai dengan rencana yang telah dibuat.

5. Kepala Pabrikasi

- a. Melaksanakan kegiatan-kegiatan teknis operasional dalam bidang pabrikasi baik teknis, administratif, dan finansial guna menjamin kelancaran dan ketertiban penyelenggara proses produksi sehingga memperoleh hasil yang memenuhi persyaratan baik kualitas maupun kuantitas.
- b. Memberikan saran-saran maupun umpan balik dan pendapat mengenai persoalan di bidang pabrikasi guna sebagai bahan pertimbangan administrator dalam usaha meningkatkan usaha perusahaan.
- c. Dalam menjalankan tugasnya kepala pabrikasi bertanggung jawab kepada administrator dan mempunyai wewenang yang sebanding untuk melaksanakan tugas-tugas perusahaan.
- d. Memimpin atau mengkoordinir setiap *chemiker* (pelaksana operasional pengolahan tebu menjadi gula SHS dan tetes), staf atau karyawan pabrikasi secara langsung dan bertanggung jawab atas terselenggaranya efektivitas dan efisiensi pelaksanaan teknis dan operasional.

2.6.6 Kepegawaian Pabrik Gula Mojo

Tenaga kerja di Pabrik Gula Mojo terdiri atas empat status tenaga kerja yaitu pimpinan, karyawan tetap (pelaksana), pekerja perjanjian kontrak waktu tertentu (PKWT) giling, dan pekerja perjanjian kontrak waktu tertentu (PKWT) harian. PKWT giling bekerja saat proses giling (produksi) saja dan memiliki kontrak kerja 5 bulan (apabila Pabrik Gula masuk kedalam masa giling maka pekerja PKWT giling ini akan dipanggil kembali untuk bekerja), sedangkan untuk PKWT harian bekerja saat proses giling (produksi) juga namun memiliki kontrak maksimal dua minggu. Untuk pekerja PKWT harian dibagi menjadi PKWT DMG (Dalam Masa Giling) dan pekerja PKWT LMG (Luar Masa Giling).

Karyawan tetap di Pabrik Gula Mojo terdiri dari karyawan staf yang diangkat langsung oleh direksi, karyawan tetap bulanan yang diangkat oleh Pabrik Gula Mojo dengan mendapat persetujuan dari direksi PTPN IX, dan karyawan harian. Adapun jumlah tenaga kerja berdasarkan penggolongan karyawan di Pabrik Gula Mojo dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 2.2. Jumlah Tenaga Kerja PG Mojo Sragen Tahun 2010

Bagian	Karyawan Tetap	PKWT Giling	PKWT Harian	Jumlah
TUK	41	-	5	46
Tanaman	57	-	6	63
Pengolahan	11	137	182	330
Instalasi	151	47	167	365
Sub Tebang Angkut	12	43	62	117
Sub Kendaraan	12	-	5	17
Sub Pompa Kebun	6	-	12	18
Sub Keamanan	27	-	19	46
Total Tenaga Kerja				1.002

Sumber: Kabag Personalia Pabrik Gula Mojo, 2010

2.6.7 Kemitraan antara Pabrik Gula dan Petani

Kemitraan penting dilakukan karena pada dasarnya kemitraan adalah strategi bisnis yang dilakukan oleh dua atau lebih lembaga dalam jangka waktu tertentu untuk meraih manfaat ataupun keuntungan bersama sesuai prinsip saling mengisi dan membutuhkan. Berdasarkan undang-undang No. 9/1995 tentang Usaha Kecil dan PP No. 44/1997 tentang Kemitraan,

Pabrik Gula “diwajibkan“ untuk mengadakan hubungan kemitraan dengan petani tebu. Hubungan kemitraan merupakan tuntutan objektif dari pabrik gula yang tidak mempunyai lahan HGU atau mempunyai HGU tetapi masih membutuhkan tambahan lahan untuk memenuhi kapasitas giling seperti Pabrik Gula Mojo.

Pola kemitraan yang diterapkan di Pabrik Gula Mojo didasarkan pada prinsip saling menguntungkan antara petani dan Pabrik Gula. petani tebu sebagai pemasok bahan baku berupa tebu dan Pabrik Gula Mojo berperan sebagai pemroses atau mengolah tebu menjadi gula. Kedua pihak mempunyai hak dan kewajiban yang dirumuskan bersama-sama meliputi segala aspek baik pengadaan input, budidaya, pengolahan maupun pemasarannya. Kemitraan yang dibangun PG dan petani dalam hal pengadaan input adalah input modal kerja, PG menjadi penjamin kredit yang disalurkan pemerintah melalui lembaga keuangan kepada petani. Disamping itu PG juga mengenalkan varietas-varietas yang sesuai untuk dikembangkan agar dapat menghasilkan produksi tebu yang optimal. Dalam hal budidaya kemitraan dilakukan dengan cara PG memberikan penyuluhan dan pembinaan kepada petani tentang bagaimana budidaya tebu yang baik serta melakukan pengawasan terhadap kebun-kebun petani agar dihasilkan tebu dengan kriteria MBS (Manis, Bersih, Segar). Pada hal pengolahan kemitraan yang dilakukan adalah petani memasok tebu ke pabrik tepat waktu dan sesuai dengan kriteria MBS. Sedangkan kemitraan dalam hal pemasaran dilakukan oleh PG dan petani dengan cara bersama-sama memperjuangkan agar menerima harga gula secara layak.

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari produsen gula berbahan baku tebu yaitu PG. Mojo, yang disertai juga dengan hasil wawancara dengan beberapa staf ahli dari perusahaan tersebut. Data yang diambil untuk penelitian ini adalah data produksi tahunan dari tahun 2002-2011.

Data-data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Data tentang keadaan umum lokasi penelitian, yang meliputi sejarah, organisasi, badan hukum, struktur organisasi dan manajemen, proses produksi, pengembangan usaha, serta pemasaran.
- b. Data luas lahan tebu dan produktivitas lahan PG Mojo pada sepuluh masa tanam yaitu masa tanam 2002-2010.
- c. Struktur biaya pengadaan tebu (rupiah).
- d. Tingkat Produksi dan kapasitas giling pabrik.
- e. Data rendemen tebu.
- f. Biaya produksi
- g. Data jenis dan penggunaan tenaga kerja beserta harga / nilainya.
- h. Data permintaan gula.

3.1.1 Data Luas Lahan Tebu dan Kapasitas Lahan

Ketersediaan lahan yang dapat ditanami tebu oleh PG Mojo semakin terbatas. Hal ini disebabkan persaingan dengan tanaman lain yang lebih menguntungkan. Selain itu juga tidak semua petani tebu di wilayah Sragen mau menggilingkan tebunya di PG Mojo.

TRT I Km adalah kategori tebu yaitu Tebu Rakyat Tegalan I Kemitraan, begitu juga untuk TRT II, III, dan IV, dimana kategori tebu yang dimiliki oleh PG Mojo ada empat kategori. Sedangkan untuk SKW adalah kawasan atau rayon yang ada dalam lingkup lahan PG Mojo, dimana ada tujuh kawasan yang berada di bawah PG Mojo. Sebagai contoh yaitu untuk kategori tebu TRT I Km di dalam kawasan satu pada tahun 2002 yang dimiliki perusahaan adalah sebesar 111 ha.

Begitu seterusnya sampai untuk jenis kategori tebu TRT IV Km di kawasan tujuh pada tahun 2011 yaitu sebesar 65 ha.

Luas lahan yang dimiliki oleh PTPN IX PG Mojo dalam 10 tahun terakhir adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Luas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011 (Hektar)

		Tahun										
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
TRT I Km	SKW	1	111.00	103.00	84.00	104.00	138.00	149.00	155.00	152.00	151.00	160.00
		2	103.00	96.00	78.00	97.00	128.00	139.00	145.00	142.00	141.00	149.00
		3	160.00	148.00	120.00	149.00	198.00	215.00	223.00	219.00	218.00	230.00
		4	210.00	194.00	159.00	197.00	260.00	283.00	294.00	288.00	287.00	303.00
		5	114.00	106.00	86.00	107.00	142.00	154.00	160.00	160.00	156.00	165.00
		6	66.00	61.00	50.00	62.00	82.00	89.00	92.00	92.00	90.00	95.00
		7	37.00	34.00	28.00	34.00	46.00	49.00	51.00	52.00	50.00	53.00
TRT II Km	SKW	1	119.00	110.00	89.00	111.00	147.00	160.00	166.00	163.00	162.00	171.00
		2	137.00	126.00	103.00	128.00	169.00	184.00	191.00	187.00	186.00	197.00
		3	199.00	184.00	150.00	200.00	245.00	268.00	279.00	273.00	272.00	287.00
		4	217.00	201.00	161.00	190.00	270.00	293.00	305.00	299.00	297.00	314.00
		5	142.00	131.00	107.00	132.00	175.00	191.00	198.00	194.00	193.00	204.00
		6	70.00	65.00	53.00	66.00	87.00	94.00	98.00	96.00	96.00	101.00
		7	49.00	43.00	35.00	43.00	58.00	63.00	65.00	64.00	63.00	67.00
TRT III Km	SKW	1	160.00	148.00	121.00	130.00	199.00	216.00	224.00	211.00	219.00	231.00
		2	118.00	109.00	89.00	120.00	146.00	159.00	165.00	162.00	161.00	170.00
		3	250.00	232.00	189.00	214.00	310.00	337.00	350.00	343.00	342.00	361.00
		4	217.00	201.00	165.00	233.00	269.00	292.00	304.00	298.00	296.00	313.00
		5	130.00	120.00	98.00	121.00	161.00	175.00	181.00	178.00	177.00	187.00
		6	61.00	56.00	46.00	57.00	76.00	82.00	85.00	84.00	83.00	88.00
		7	47.00	43.00	36.00	44.00	58.00	64.00	66.00	65.00	64.00	68.00
TRT IV Km	SKW	1	106.00	98.00	80.00	99.00	132.00	143.00	148.00	145.00	145.00	153.00
		2	99.00	92.00	75.00	93.00	123.00	134.00	139.00	136.00	135.00	143.00
		3	284.00	263.00	215.00	275.00	352.00	383.00	398.00	390.00	388.00	410.00
		4	298.00	276.00	225.00	270.00	370.00	402.00	417.00	409.00	407.00	430.00
		5	123.00	114.00	93.00	115.00	152.00	165.00	172.00	168.00	168.00	177.00
		6	94.00	87.00	71.00	88.00	117.00	127.00	132.00	129.00	129.00	136.00
		7	45.00	42.00	34.00	42.00	56.00	60.00	65.00	62.00	61.00	65.00

Sumber : Buku Laporan Tahunan PG Mojo (Olahan)

Dari masing-masing kategori tebu dalam tujuh kawasan tersebut memiliki produktivitas atau kemampuan lahan dalam memproduksi tebu masing-masing, yaitu berapa kuintal tebu per hektar lahan yang ada. Untuk data tersebut, dapat dilihat pada table 3.2.

Tabel 3.2. Produktivitas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011 (Ku/Ha)

2011							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	658.56	663.50	661.64	655.50	653.41	664.23	659.00
TRT II Km.	667.58	635.24	658.88	665.44	659.61	657.97	661.00
TRT III Km.	637.88	658.68	645.32	640.62	640.64	615.86	655.00
TRT IV Km.	654.00	640.00	636.00	663.56	646.12	658.56	656.00
2010							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	654.04	658.94	657.10	650.99	648.92	659.67	654.47
TRT II Km.	662.99	630.88	654.35	660.87	655.08	653.45	656.46
TRT III Km.	633.50	654.16	640.89	636.22	636.24	611.63	650.50
TRT IV Km.	649.51	635.60	631.63	659.00	641.69	654.04	651.50
2009							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	661.13	666.08	664.22	658.05	655.96	666.82	661.57
TRT II Km.	670.18	637.71	661.44	668.03	662.18	660.53	663.58
TRT III Km.	640.36	661.25	647.83	643.12	643.14	618.26	657.55
TRT IV Km.	656.55	642.49	638.48	666.14	648.64	661.12	658.56
2008							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	646.97	651.81	649.99	643.95	641.91	652.54	647.40
TRT II Km.	655.82	624.05	647.28	653.72	648.00	646.39	649.36
TRT III Km.	626.65	647.08	633.96	629.34	629.36	605.02	643.47
TRT IV Km.	642.49	628.73	624.80	651.87	634.75	646.96	644.45

Tabel 3.2. Produktivitas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011 (Ku/Ha)

2007							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	656.82	661.74	659.89	653.76	651.68	662.47	657.26
TRT II Km.	665.81	633.56	657.13	663.68	657.87	656.23	659.25
TRT III Km.	636.19	656.94	643.61	638.92	638.95	614.23	653.27
TRT IV Km.	652.27	638.31	634.32	661.80	644.41	656.82	654.26
2006							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	626.80	631.50	629.74	623.88	621.90	632.20	627.22
TRT II Km.	635.39	604.60	627.10	633.35	627.80	626.24	629.12
TRT III Km.	607.12	626.92	614.20	609.73	609.75	586.16	623.41
TRT IV Km.	622.46	609.14	605.33	631.56	614.97	626.80	624.36
2005							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	644.96	649.79	647.98	641.96	639.92	650.51	645.39
TRT II Km.	653.79	622.12	645.27	651.70	645.99	644.38	647.35
TRT III Km.	624.70	645.08	631.99	627.39	627.41	603.14	641.47
TRT IV Km.	640.49	626.78	622.86	649.85	632.78	644.96	642.45
2004							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	698.47	703.70	701.73	695.21	693.00	704.48	698.93
TRT II Km.	708.03	673.73	698.80	705.76	699.58	697.84	701.05
TRT III Km.	676.53	698.59	684.42	679.44	679.46	653.18	694.69
TRT IV Km.	693.63	678.78	674.54	703.77	685.28	698.46	695.75
2003							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	640.94	645.74	643.94	637.95	635.93	646.46	641.37
TRT II Km.	649.71	618.24	641.25	647.63	641.96	640.36	643.31
TRT III Km.	620.81	641.06	628.05	623.48	623.50	599.38	637.47
TRT IV Km.	636.50	622.87	618.98	645.80	628.83	640.94	638.45

Tabel 3.2. Produktivitas Lahan Tebu PG Mojo th. 2002-2011 (Ku/Ha)

2002							
Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	665.16	670.15	668.27	662.06	659.96	670.89	665.60
TRT II Km.	674.27	641.60	665.48	672.11	666.22	664.56	667.62
TRT III Km.	644.27	665.28	651.79	647.04	647.06	622.04	661.56
TRT IV Km.	660.55	646.41	642.37	670.21	652.60	665.16	662.57

Sumber: Laporan Tahunan PG Mojo (Olahan)

Data pada tabel 3.2 adalah produktivitas dari masing-masing kategori tebu dan kawasan yang dimiliki oleh PG Mojo dari tahun 2002-2011. Pada tahun 2002, produktivitas tebu TRT 1 Km di kawasan 1 yaitu sebesar 665.16 Ku/Ha. Satu hektar lahan di kawasan tersebut dapat menghasilkan 665.16 kuintal tebu. Data tersebut akan digunakan dalam peramalan untuk tahun 2012.

3.1.2 Struktur Biaya Pengadaan Tebu

Biaya kebun pada setiap aktivitas berbeda sesuai dengan kategori tebu dan kawasan dimana tebu itu ditanam. Biaya kebun itu sendiri terdiri dari biaya garap, biaya pupuk, dan biaya bibit. Biaya kebun untuk masing-masing kategori tebu dan kawasan pada tahun 2011 dapat dilihat di tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3. Struktur Biaya Pengadaan Lahan th. 2011 (Rp/Ha)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	7,300,000.00	7,300,000.00	7,300,000.00	7,300,000.00	7,300,000.00	7,300,000.00	7,300,000.00
TRT II Km.	6,050,000.00	6,050,000.00	6,050,000.00	6,050,000.00	6,050,000.00	6,050,000.00	6,050,000.00
TRT III Km.	6,550,000.00	6,550,000.00	6,550,000.00	6,550,000.00	6,550,000.00	6,550,000.00	6,550,000.00
TRT IV Km.	6,350,000.00	6,350,000.00	6,350,000.00	6,350,000.00	6,350,000.00	6,350,000.00	6,350,000.00

Sumber : Laporan Tahunan PG Mojo (Olahan)

Biaya kebun tersebut akan menjadi acuan untuk penentuan biaya kebun pada tahun 2012, yang kemudian akan menjadi koefisien biaya pengadaan lahan. Dengan mempertimbangkan perkiraan inflasi di tahun

2012 sebesar 5.5%, maka biaya pengadaan lahan tahun 2012 bisa dilihat dari tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4. Struktur Biaya Pengadaan Lahan th. 2012 (Rp/Ha)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	7,701,500.00	7,701,500.00	7,701,500.00	7,701,500.00	7,701,500.00	7,701,500.00	7,701,500.00
TRT II Km.	6,382,750.00	6,382,750.00	6,382,750.00	6,382,750.00	6,382,750.00	6,382,750.00	6,382,750.00
TRT III Km.	6,910,250.00	6,910,250.00	6,910,250.00	6,910,250.00	6,910,250.00	6,910,250.00	6,910,250.00
TRT IV Km.	6,699,250.00	6,699,250.00	6,699,250.00	6,699,250.00	6,699,250.00	6,699,250.00	6,699,250.00

Struktur biaya pengadaan ini akan menjadi koefisien dari variabel luas lahan yang ada, seperti pada tabel 3.5. Pada tabel 3.5 masing-masing variabel menunjukkan jenis kegiatan pengadaan bahan baku. X_{11} menunjukkan kegiatan pengadaan tebu kategori TRT I Km dikawasan I. Sedangkan X_{47} menunjukkan kegiatan pengadaan tebu kategori TRT IV Km dikawasan VII.

Tabel 3.5. Luas Lahan tebu PG Mojo (Ha)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}
TRT II Km.	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}
TRT III Km.	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
TRT IV Km.	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{45}	X_{46}	X_{47}

3.1.3 Tingkat Produksi dan Kapasitas Giling Pabrik

Kapasitas giling pabrik yaitu kemampuan atau batasan kuintal tebu yang dapat digiling oleh pabrik. Kapasitas giling pabrik secara tidak langsung akan dipengaruhi oleh produktivitas dari lahan tanam tebu. Pada PG Mojo, kegiatan giling dibagi menjadi tujuh tahapan giling untuk empat kategori tebu yang ada. Untuk kapasitas giling PG Mojo, dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini:

Tabel 3.6. Kapasitas Giling PG Mojo (kuintal)

Kategori	Tahapan Giling (kuintal)							Total	80%
	1	2	3	4	5	6	7		
TRT I Km.	112107.9	105182.7	161909.1	211315.5	114707.13	67137.075	37160.42	809519.8	647615.8
TRT II Km.	121455.7	133144.2	201189.9	222309.2	143165.54	70704.484	47118.94	939088.1	751270.5
TRT III Km.	156772.3	119136.3	247856.7	213335.9	127460.65	57661.579	47388.12	969611.6	775689.3
TRT IV Km.	106460.5	97372.27	277434.4	303575.5	121677.04	95291.196	45366.63	1047178	837742
Jumlah	496796.5	454835.5	888390.1	950536.2	507010.36	290794.33	177034.1	3765397	3012318

Sumber : Buku Laporan tahunan PG Mojo (olahan)

Batasan yang digunakan untuk kegiatan giling yaitu untuk masing-masing kategori tebu harus lebih dari 80% dari jumlah kategori tebu tersebut, karena pabrik telah melakukan kesepakatan dengan pihak petani bahwa 80% dari hasil tebu yang telah dibiayai pengadaannya oleh pihak pabrik, 80% nya harus masuk dan digiling oleh PG Mojo. Oleh karena itu kapasitas dari kegiatan giling pabrik harus lebih besar atau sama dengan 80% dari hasil tebang tebu.

Sebagai contoh, untuk kegiatan giling TRT I Km, pabrik harus mampu menggiling tebu TRT I Km tersebut lebih besar atau sama dengan 647615.8 kuintal. Untuk kegiatan giling TRT II Km, pabrik harus mampu menggiling tebu TRT II Km tersebut lebih besar atau sama dengan 751270.5 kuintal, dan seterusnya. Begitu juga untuk jumlah keseluruhan dari kegiatan giling pabrik PG Mojo yang harus lebih besar atau sama dengan 3012318 kuintal tebu. Nilai-nilai tersebut akan menjadi batasan atau RHS (*Right Hand Side*) dari kendala kegiatan giling pabrik.

3.1.4 Data Rendemen

Tingkat rendemen tebu yang bersifat parabolik sejalan dengan waktu akan mempengaruhi gula bagian pabrik. Tingkat rendemen pada tabel di bawah ini merupakan target rendemen yang PG Mojo untuk tahun 2012, hal ini untuk mengantisipasi adanya kemungkinan perubahan tingkat

rendemen. Target rendemen PG Mojo untuk tahun 2012 dapat dilihat di Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Data target rendemen PG Mojo tahun 2012

Rendemen %	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35
TRT II Km.	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75
TRT III Km.	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
TRT IV Km.	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Sumber : Buku Laporan Tahunan PG Mojo (olahan)

Nilai pada tabel 3.7 (data rendemen) merupakan jumlah gula yang dihasilkan dari satu kuintal tebu tergiling untuk masing-masing jenis kegiatan giling. Untuk rendemen 7.5%, berarti dalam satu kuintal tebu akan menghasilkan 7.5 kg gula. Sesuai dengan kesepakatan untuk pembagian hasil giling dari tebu-tebu yang masuk pabrik, 35% hasil gula merupakan bagian pabrik dan 65% adalah untuk petani.

3.1.5 Biaya Produksi

Biaya produksi yaitu semua pengeluaran yang dapat diukur dengan uang, yang dikeluarkan dalam proses produksi untuk menghasilkan suatu produk. Biaya produksi di PG Mojo adalah semua biaya yang dihabiskan didalam pabrik, atau dengan kata lain adalah biaya pabrik. Total biaya pabrik gula PG Mojo untuk tahun 2011 adalah Rp. 12.002.811.514,- untuk kuintal tebu yang digiling sebesar 3.381.294 kuintal.

Dari total biaya tersebut, maka biaya produksi di PG Mojo tahun 2011 yaitu Rp. 3.549,76/kuintal. Kemudian untuk biaya produksi di tahun 2012 akan diasumsikan mengalami kenaikan sesuai dengan perkiraan pemerintah untuk inflasi di tahun 2012 nanti sebesar 5.5%, dengan asumsi tersebut maka biaya produksi PG Mojo di tahun 2012 adalah Rp. 3745.01/kuintal tebu.

Kemudian biaya ini akan menjadi koefisien biaya produksi dalam fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya produksi, yaitu untuk menjadi koefisien dari kegiatan giling PG Mojo, seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.8. Kegiatan Giling PG Mojo (Ha)

Kategori	Tahap Giling						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	KG ₁₁	KG ₁₂	KG ₁₃	KG ₁₄	KG ₁₅	KG ₁₆	KG ₁₇
TRT II Km.	KG ₂₁	KG ₂₂	KG ₂₃	KG ₂₄	KG ₂₅	KG ₂₆	KG ₂₇
TRT III Km.	KG ₃₁	KG ₃₂	KG ₃₃	KG ₃₄	KG ₃₅	KG ₃₆	KG ₃₇
TRT IV Km.	KG ₄₁	KG ₄₂	KG ₄₃	KG ₄₄	KG ₄₅	KG ₄₆	KG ₄₇

Pada tabel 3.8, masing-masing variabel menunjukkan jenis kegiatan giling pabrik. KG₁₁ menunjukkan kegiatan giling pabrik kategori TRT I Km pada tahap giling I. Sedangkan X₄₇ menunjukkan kegiatan giling pabrik untuk tebu kategori TRT IV Km pada tahap giling ke VII

3.1.6 Data penggunaan tenaga kerja tebang angkut beserta harganya.

Kebutuhan tenaga kerja didasarkan dari banyaknya atau jumlah tebu yang dipanen oleh petani dan dikirimkan ke PG Mojo. Total kebutuhan tenaga kerja disini adalah tenaga kerja untuk kegiatan tebang dan angkut saja yang diperlukan untuk menjamin suplai sesuai dengan kemampuan giling pabrik. Pada Tabel 3.9 dapat dilihat jumlah kuintal tebu yang ditebang untuk masing-masing kategori dan kawasan tanam.

Tabel 3.9. Jumlah tebu yang ditebang

Kategori	Jumlah Tebu (SKW)						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	112,107.91	105,182.69	161,909.07	211,315.49	114,707.13	67,137.08	37,160.42
TRT II Km.	121,455.74	133,144.24	201,189.93	222,309.24	143,165.54	70,704.48	47,118.94
TRT III Km.	156,772.34	119,136.34	247,856.69	213,335.93	127,460.65	57,661.58	47,388.12
TRT IV Km.	106,460.49	97,372.27	277,434.37	303,575.51	121,677.04	95,291.20	45,366.63
Jumlah	496,796.48	454,835.55	888,390.06	950,536.17	507,010.36	290,794.33	177,034.11

Sumber : Laporan Buku tahunan PG Mojo (Olahan)

Kebutuhan tenaga kerja tebang angkut dihitung berdasarkan produktivitas lahan dengan kebutuhan tenaga kerja tebang angkut per kuintal tebu. Berdasarkan laporan tahunan bagian tebang angkut, kebutuhan tenaga kerja tebang angkut adalah 12 kuintal tebu per tenaga kerja. Dari data tersebut, maka dapat diketahui bahwa kebutuhan tenaga kerja tebang angkut adalah sebagai berikut:

Tabel 3.10. Jumlah kebutuhan tenaga kerja tebang angkut

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	9,342.33	8,765.22	13,492.42	17,609.62	9,558.93	5,594.76	3,096.70
TRT II Km.	10,121.31	11,095.35	16,765.83	18,525.77	11,930.46	5,892.04	3,926.58
TRT III Km.	13,064.36	9,928.03	20,654.72	17,777.99	10,621.72	4,805.13	3,949.01
TRT IV Km.	8,871.71	8,114.36	23,119.53	25,297.96	10,139.75	7,940.93	3,780.55
Jumlah	41,399.71	37,902.96	74,032.50	79,211.35	42,250.86	24,232.86	14,752.84

Sumber : Laporan Buku tahunan PG Mojo (Olahan)

Tabel 3.10 menunjukkan kebutuhan tenaga kerja tebang angkut untuk masing-masing kategori tebu dalam kawasan tanam yang ada. Misalnya kebutuhan tenaga kerja untuk kategori tebu TRT 1 Km di kawasan tanam 1 yaitu sebesar 9.342,33 orang. Dari kebutuhan masing-masing diatas, kebutuhan total tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu sebanyak 313.783 tenaga kerja.

Masing-masing tenaga kerja dalam kawasan dan untuk kategori tebu tertentu memiliki harga yang berbeda-beda. Harga tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 3.11. Biaya Tenaga Tebang th.2011 (Rp/ku)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	3,000.00	3,000.00	3,500.00	4,000.00	3,000.00	3,500.00	3,000.00
TRT II Km.	3,000.00	3,000.00	3,500.00	4,000.00	3,000.00	3,500.00	3,000.00
TRT III Km.	3,000.00	3,000.00	3,500.00	4,000.00	3,000.00	3,500.00	3,000.00
TRT IV Km.	3,000.00	3,000.00	3,500.00	4,000.00	3,000.00	3,500.00	3,000.00

Tabel 3.12. Biaya Angkut th.2011 (Rp/ku)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	4,000.00	4,000.00	4,000.00	3,500.00	3,500.00	4,000.00	4,000.00
TRT II Km.	4,000.00	4,000.00	4,000.00	3,500.00	3,500.00	4,000.00	4,000.00
TRT III Km.	4,000.00	4,000.00	4,000.00	3,500.00	3,500.00	4,000.00	4,000.00
TRT IV Km.	4,000.00	4,000.00	4,000.00	3,500.00	3,500.00	4,000.00	4,000.00

Tabel 3.13. Biaya Tenaga Tebang Angkut th.2011 (Rp/ku)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	7,000.00	7,000.00	7,500.00	7,500.00	6,500.00	7,500.00	7,000.00
TRT II Km.	7,000.00	7,000.00	7,500.00	7,500.00	6,500.00	7,500.00	7,000.00
TRT III Km.	7,000.00	7,000.00	7,500.00	7,500.00	6,500.00	7,500.00	7,000.00
TRT IV Km.	7,000.00	7,000.00	7,500.00	7,500.00	6,500.00	7,500.00	7,000.00

Tabel 3.11 merupakan tabel biaya tenaga tebang untuk masing-masing kawasan dan kategori tebu. Biaya ini sama untuk masing-masing kategori tebu, yang membedakan adalah wilayah atau kawasan tanam dari tebu tersebut. Misalnya biaya tebang untuk kategori tebu di kawasan satu yaitu Rp. 3.000,-/kuintal tebu. Sama halnya dengan biaya angkut pada tabel 3.12, yang sama untuk tiap kategori tebu, namun berbeda untuk setiap kawasan tanama tebu.

Sedangkan pada Tabel 3.13 adalah total biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan tebang angkut pada tahun 2011 di masing-masing kawasan tanam tebu dan masing-masing kategori tebu, yang kemudian nilai tersebut akan digunakan sebagai data acuan untuk menentukan biaya tebang angkut ditahun 2012. Dengan memperkirakan dan mempertimbangkan inflasi ditahun 2012 sebesar 5.5%, maka biaya tebang angkut ditahun 2012 yaitu sebesar berikut:

Tabel 3.14. Biaya Tenaga Tebang Angkut th.2012 (Rp/ku)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	7,385.00	7,385.00	7,912.50	7,912.50	6,857.50	7,912.50	7,385.00
TRT II Km.	7,385.00	7,385.00	7,912.50	7,912.50	6,857.50	7,912.50	7,385.00
TRT III Km.	7,385.00	7,385.00	7,912.50	7,912.50	6,857.50	7,912.50	7,385.00
TRT IV Km.	7,385.00	7,385.00	7,912.50	7,912.50	6,857.50	7,912.50	7,385.00

Kemudian biaya tenaga tebang angkut dari tabel tersebut akan menjadi koefisien dari variabel kegiatan tebang angkut untuk meminimalkan biaya total produksi dalam fungsi tujuan dari model matematika yang akan dibuat, yang dapat dilihat pada tabel 3.15 berikut ini:

Tabel 3.15. Kegiatan Tenaga Tebang Angkut

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}	T_{17}
TRT II Km.	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}	T_{25}	T_{26}	T_{27}
TRT III Km.	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{34}	T_{35}	T_{36}	T_{37}
TRT IV Km.	T_{41}	T_{42}	T_{43}	T_{44}	T_{45}	T_{46}	T_{47}

Tabel 3.15 tersebut masing-masing variabel menunjukkan jenis kegiatan tebang angkut tebu. T_{11} menunjukkan kegiatan tebang angkut kategori TRT I Km dikawasan I. Sedangkan T_{47} menunjukkan kegiatan tebang angkut kategori TRT IV Km dikawasan VII.

3.1.7 Data permintaan Gula

Data permintaan gula yaitu jumlah gula yang diminta oleh PTPN IX untuk dapat diproduksi dan dipasarkan oleh PG Mojo, karena PG mojo itu sendiri hanya mendapatkan 35% dari hasil penggilingan gula dengan bahan baku dari tebu petani tersebut, dan 65% hasil gula lainnya diserahkan kepada petani. Kemudian data tersebut akan digunakan sebagai

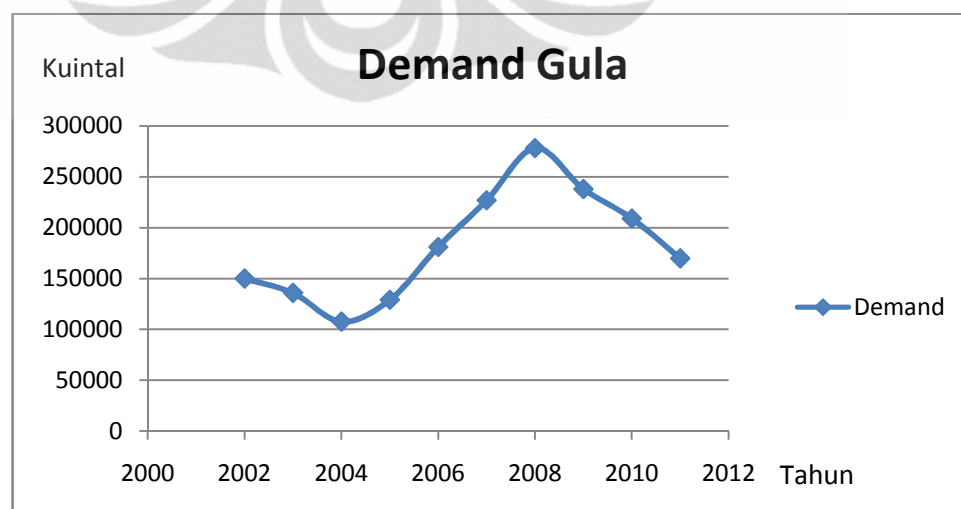
history permintaan untuk meramalkan permintaan gula pada tahun 2012 nantinya. Untuk permintaan gula di PG Mojo untuk sepuluh tahun terakhir, yaitu dari tahun 2002-2012 dapat dilihat pada tabel 3.16 berikut ini :

Tabel 3.16. Permintaan gula PG Mojo th. 2002-2012

Tahun	Demand
2011	169.846
2010	209.097
2009	238.001
2008	278.285
2007	226.928
2006	181.056
2005	129.054
2004	107.641
2003	135.829
2002	149.965

Sumber : Buku laporan tahunan PG Mojo

Dari data permintaan tersebut, dapat dibuat grafik permintaan seperti pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1. Grafik permintaan gula PG Mojo (2002-2012)

Sumber : Laporan Buku tahunan PG Mojo

3.2 Metode Peramalan

Peramalan permintaan dan peramalan luas lahan yang akan ditanami tebu untuk tahun 2012 akan menggunakan data historis permintaan pada musim-musim panen sebelumnya yaitu pada periode sepuluh tahun pada tahun 2002-2011. Peramalan ini dilakukan untuk melihat besarnya kemungkinan permintaan terhadap gula pada tahun 2012 serta untuk mendapatkan perkiraan luas lahan yang dapat dikelola untuk ditanami tebu. Hasil peramalan ini digunakan sebagai pembatas fungsi kendala yaitu untuk meminimumkan biaya produksi dan alokasi lahan pengadaan bahan baku tebu di pabrik gula Mojo.

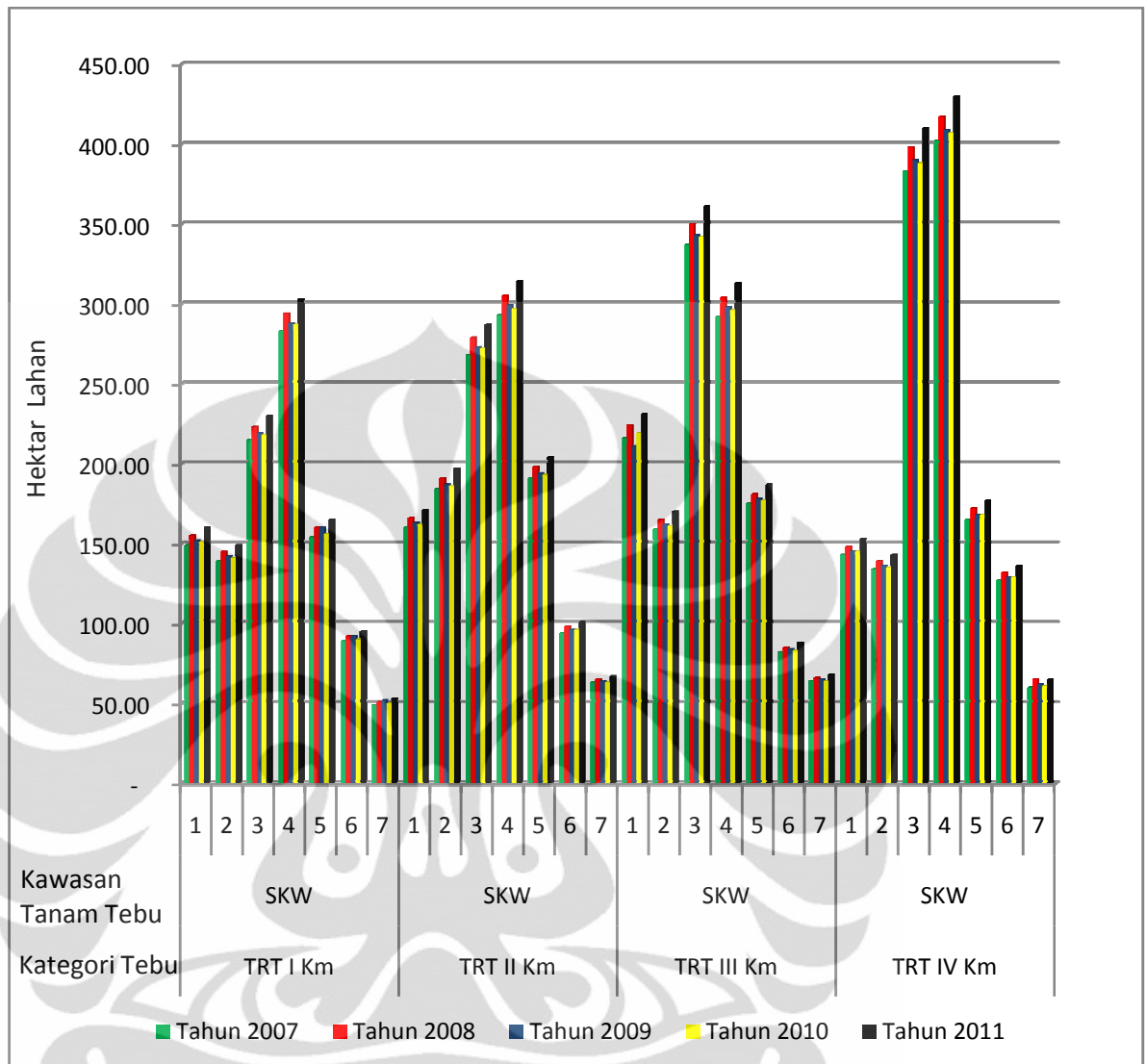
Berikut adalah langkah-langkah peramalan:

1. Mendenisiskan tujuan peramalan

Tujuan dari peramalan adalah menentukan besarnya permintaan terhadap gula pada tahun 2012 dan memperkirakan luas lahan yang akan dikelola oleh perusahaan.

2. Membuat diagram batang

Pembuatan diagram batang berguna untuk melihat pola atau tren perkembangan luas lahan yang akan ditanami tebu oleh PG Mojo. Diagram batang untuk perkembangan luas lahan tebu pada tahun 2005-2011 berdasarkan data histori adalah sebagai berikut dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2. Perkembangan Luas Lahan Tebu PG Mojo (2007-2011)

Sumber : Laporan tahunan PG. Mojo (diolah)

3. Memilih beberapa metode peramalan

Dengan melihat pola kecenderungan data pada diagram batang, maka dipilih metode peramalan analisis deret waktu (*time series*) yaitu konstan, linier, kuadratis, dan dekomposisi.

4. Menghitung parameter fungsi peramalan

Perhitungan parameter peramalan untuk luas lahan dapat dilihat sebagai berikut:

a. Metode konstan

$$\text{Fungsi peramalan : } \quad \text{---} \quad (3.1)$$

Perhitungan parameter peramalan metode konstan dapat dilihat pada tabel 3.17.

$$Y = a = \frac{\sum y}{n} = \frac{44339}{10} = 4433.9 \quad (3.2)$$

Fungsi peramalannya adalah: $Y = 4433.9$ unit

Tabel 3.17. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Konstan

Tahun	X	Y
2002	1	3766
2003	2	3483
2004	3	2839
2005	4	3521
2006	5	4666
2007	6	5070
2008	7	5268
2009	8	5161
2010	9	5137
2011	10	5428
	55	44339

b. Metode linier

$$\text{Persamaan : } Y = a + bX \quad (3.3)$$

Perhitungan parameter peramalan metode linier dapat dilihat pada tabel 3.18.

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{(10 \times 265760) - (55 \times 44339)}{(10 \times 385) - 55^2} = 265.4 \quad (3.4)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{44339 - (265.4 \times 55)}{10} = 540.76 \quad (3.5)$$

Sehingga fungsi persamaannya:

$$Y = 540.76 + 265.4X \quad (3.6)$$

Hasil peramalan kebutuhan lahan tebu untuk tahun 2012 dengan menggunakan metode linear, yaitu:

$$\begin{aligned} Y &= 540.76 + 265.4 * 11 \\ &= 3460.2 \end{aligned}$$

Tabel 3.18. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Linear

Tahun	X	Y	XY	X ²
2002	1	3766	3766	1
2003	2	3483	6966	4
2004	3	2839	8517	9
2005	4	3521	14084	16
2006	5	4666	23330	25
2007	6	5070	30420	36
2008	7	5268	36876	49
2009	8	5161	41288	64
2010	9	5137	46233	81
2011	10	5428	54280	100
	55	44339	265760	385

c. Metode kuadratis

$$\text{Persamaan : } Y = a + bX + cX^2 \quad (3.7)$$

Perhitungan parameter peramalan metode kuadratis dapat dilihat pada tabel 3.19.

$$\begin{aligned} \alpha &= \sum X \sum X^2 - n \sum X^3 = (55 \times 385) - (10 \times 3025) \\ &= -9075 \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$\beta = (\sum X)^2 - n \sum X^2 = 55^2 - (10 \times 385) = -825 \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \gamma &= (\sum X^2)^2 - n \sum X^4 = 385^2 - (10 \times 25333) \\ &= -105105 \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \delta &= \sum X \sum Y - n \sum XY = (55 \times 44339) - (10 \times 265760) \\ &= -218915 \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \theta &= \sum X^2 \sum Y - n \sum X^2 Y = (385 \times 44339) - (10 \times 1946088) \\ &= -2390365 \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$b = \frac{\gamma\delta - \theta\alpha}{\gamma\beta - \alpha^2} = \frac{(-105105 \times -218915) - (-2390365 \times (-9075))}{(-105105 \times (-825)) - (-9075)^2} = 303.19 \quad (3.13)$$

$$c = \frac{\theta - b\alpha}{\gamma} = \frac{-2390365 - (-825 \times (-9075))}{-105105} = 93.98 \quad (3.14)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X - c \sum X^2}{n} = \frac{44339 - (303.19 \times 55) - (93.98 \times 385)}{10} = 24045.42 \quad (3.15)$$

Sehingga fungsi persamaannya:

$$Y = 24045.42 + 303.19X + 93.98X^2 \quad (3.16)$$

Hasil peramalan kebutuhan lahan tebu untuk tahun 2012 dengan menggunakan metode kuadratis, yaitu:

$$\begin{aligned} Y &= 24045.42 + 303.19 \cdot 11 + 93.98 \cdot 11^2 \\ &= 61765.34 \end{aligned}$$

Tabel 3.19. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Kuadratis

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² .Y
1	3766	3766	1	1	1	3766
2	3483	6966	4	8	16	13932
3	2839	8517	9	27	81	25551
4	3521	14084	16	64	256	56336
5	4666	23330	25	125	625	116650
6	5070	30420	36	216	1296	182520
7	5268	36876	49	343	2401	258132
8	5161	41288	64	512	4096	330304
9	5137	46233	81	729	6561	416097
10	5428	54280	100	1000	10000	542800
55	44339	265760	385	3025	25333	1946088

d. Metode dekomposisi

Perhitungan parameter dan hasil peramalan metode dekomposisi dan MSE (*Mean Square Error*) dihitung menggunakan *software Microsoft Excel* dari *Microsoft Office*, dapat dilihat pada gambar 3.20.

Hasil peramalan kebutuhan lahan tebu untuk tahun 2012 dengan menggunakan metode dekomposisi, yaitu:

$$Y = 5749$$

Tabel 3.20. Perhitungan Parameter dan Peramalan Metode Dekomposisi

Multiplicative decomposition												
Enter past demands in the data area. Do not change the time period numbers!												
5 seasons												
Data										Error analysis		
Period	Demand (y)	Time (x)	Average	Ratio	Seasonal	Smoothed	Unadjusted	Adjusted	Error	Error	Error ²	
Period 1	3766	1	15.8333	237.853	279.032	13.4966802	11.9299416	3328.83	437.169566	437.17	191117	1.16083
Period 2	3483	2	15.8333	219.979	276.347	12.6037024	12.797362	3536.52	-53.5173016	53.5173	2864.1	0.15365
Period 3	2839	3	15.8333	179.305	252.632	11.2377083	13.6647824	3452.16	-613.155542	613.156	375960	2.15976
Period 4	3521	4	15.8333	222.379	273.411	12.8780704	14.5322027	3973.26	-452.257201	452.257	204537	1.28446
Period 5	4666	5	15.8333	294.695	318.758	14.6380688	15.3996231	4908.75	-242.751451	242.751	58928.3	0.52026
Period 6	5070	6	15.8333	320.211	279.032	18.1699864	16.2670435	4539.02	530.981159	530.981	281941	1.0473
Period 7	5268	7	15.8333	332.716	276.347	19.0629642	17.1344639	4735.06	532.935986	532.936	284021	1.01165
Period 8	5161	8	15.8333	325.958	252.632	20.4289583	18.0018843	4547.84	613.155542	613.156	375960	1.18806
Period 9	5137	9	15.8333	324.442	273.411	18.7885963	18.8693047	5159.07	-22.0665299	22.0665	486.932	0.04296
Period 10	5428	10	15.8333	342.821	318.758	17.0285978	19.7367251	6291.24	-863.23694	863.237	745178	1.59034
									Total	-132.742712	4361.23	2520992
					Average	Intercept	11.0625212			-13.2742712	436.123	252099
						Slope	0.86742039			Bias	MAD	436.123
										MSE	280110	
										MAPE	10.1593	
Ratios												
		Season 1	Season 2	Season 3	Season 4	Season 5						
		237.853	219.9789474	179.305	222.379	294.695						
		320.211	332.7157895	325.958	324.442	342.821						
Average		279.032	276.3473684	252.632	273.411	318.758						
Forecasts												
Period	Unadjusted	Seasonal	Adjusted									
11	20.6041	279.0315789	5749									

5. Menghitung kesalahan setiap metode peramalan

Ukuran nilai kesalahan yang digunakan pada penelitian ini adalah MSE (*Mean Squared Error*). Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n} \quad (3.17)$$

Perhitungan parameter MSE untuk setiap metode, dapat dilihat pada table-table berikut ini:

Tabel 3.21. Perhitungan MSE Metode Konstan

X	Y'	Y	Y-Y'	[Y-Y']		Error ²
1	4433.9	3766	-667.9	667.9	1.7735	446090.41
2	4433.9	3483	-950.9	950.9	2.730118	904210.81
3	4433.9	2839	-1594.9	1594.9	5.617823	2543706.01
4	4433.9	3521	-912.9	912.9	2.592729	833386.41
5	4433.9	4666	232.1	232.1	0.497428	53870.41
6	4433.9	5070	636.1	636.1	1.254635	404623.21
7	4433.9	5268	834.1	834.1	1.583333	695722.81
8	4433.9	5161	727.1	727.1	1.408835	528674.41
9	4433.9	5137	703.1	703.1	1.368698	494349.61
10	4433.9	5428	994.1	994.1	1.83143	988234.81
		44339	3.63798E-12	8253.2	20.65853	
					MAD	825.32
					MSE	7892868.9
					MAPE	20.65852941

Tabel 3.22. Perhitungan MSE Metode Linear

X	Y'	Y	Y-Y'	[Y-Y']		Error ²
1	806.1636	3766	2,959.84	2,959.84	7.859364	8760631.3
2	1071.564	3483	2,411.44	2,411.44	6.923446	5815025.336
3	1336.964	2839	1,502.04	1,502.04	5.290723	2256113.238
4	1602.364	3521	1,918.64	1,918.64	5.449123	3681165.496
5	1867.764	4666	2,798.24	2,798.24	5.997078	7830126.747
6	2133.164	5070	2,936.84	2,936.84	5.792577	8625007.827
7	2398.564	5268	2,869.44	2,869.44	5.446918	8233665.045
8	2663.964	5161	2,497.04	2,497.04	4.83828	6235190.601
9	2929.364	5137	2,207.64	2,207.64	4.297521	4873658.314
10	3194.764	5428	2,233.24	2,233.24	4.11429	4987344.656
		44339	24334.36364	24334.36364	56.00932	
					MAD	2433.436364
					MSE	61297928.56
					MAPE	56.00931924

Tabel 3.23. Perhitungan MSE Metode Kuadratis

X	Y'	Y	Y-Y'	[Y-Y']		Error ²
1	24442.59	3766	(20,676.59)	20,676.59	54.90331	427521305.7
2	25027.7	3483	(21,544.70)	21,544.70	61.85675	464174311.2
3	25800.77	2839	(22,961.77)	22,961.77	80.87979	527242950.4
4	26761.79	3521	(23,240.79)	23,240.79	66.00621	540134227.3
5	27910.75	4666	(23,244.75)	23,244.75	49.8173	540318610.5
6	29247.67	5070	(24,177.67)	24,177.67	47.68771	584559769.7
7	30772.54	5268	(25,504.54)	25,504.54	48.41408	650481421
8	32485.35	5161	(27,324.35)	27,324.35	52.94391	746620299.1
9	34386.12	5137	(29,249.12)	29,249.12	56.93813	855511013.3
10	36474.84	5428	(31,046.84)	31,046.84	57.19756	963906032.5
		44339	-248971.125	248971.125	576.6448	
					MAD	24897.1125
					MSE	6300469941
					MAPE	576.6447703

Tabel 3.24. Perhitungan MSE Metode Dekomposisi

Demand (y)	Time (x)	Adjusted	Error	Error	Error ²	
3766	1	3328.83	437.1695661	437.1696	191117.2	1.160833
3483	2	3536.517	-53.51730157	53.5173	2864.102	0.153653
2839	3	3452.156	-613.1555424	613.1555	375959.7	2.159759
3521	4	3973.257	-452.2572015	452.2572	204536.6	1.284457
4666	5	4908.751	-242.7514511	242.7515	58928.27	0.520256
5070	6	4539.019	530.9811593	530.9812	281941	1.0473
5268	7	4735.064	532.9359864	532.936	284020.8	1.011648
5161	8	4547.844	613.1555424	613.1555	375959.7	1.188056
5137	9	5159.067	-22.06652989	22.06653	486.9317	0.042956
5428	10	6291.237	-863.2369398	863.2369	745178	1.590341
		Total	-132.7427121	4361.227	2520992	
			-13.27427121	436.1227	252099.2	
			Bias		MAD	436.1227
					MSE	280110.3
					MAPE	10.15926

Rekapitulasi hasil perhitungan MSE untuk setiap metode peramalan yang dipakai untuk luas lahan yang akan digarap dapat dilihat sebagai berikut:

- a. $MSE_{konstan} = 7,892,868.9$
- b. $MSE_{linier} = 61,297,928.56$
- c. $MSE_{kuadratis} = 6,300,469,941$
- d. $MSE_{dekomposisi} = 280,110.3$

6. Memilih metode dengan kesalahan terkecil

Pemilihan metode peramalan dilakukan dengan memilih nilai MSE terkecil. Maka metode peramalan yang dipilih adalah metode dekomposisi.

3.3 Hasil Peramalan Dekomposisi

Setelah dilakukan pemilihan metode peramalan diatas, kemudian metode tersebut akan digunakan untuk meramalkan luas lahan yang akan dilakukan penanaman, produktivitas lahan tersebut, dan permintaan gula di tahun 2012. Dengan menggunakan metode tersebut, maka penggunaan luas lahan tebu PG Mojo tahun 2012 dapat diramalkan seperti pada tabel 3.25. berikut ini:

Tabel 3.25. Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012

Kategori	SKW							Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	
TRT I Km.	169	158	244	321	175	101	56	1223
TRT II Km.	181	209	304	333	216	107	71	1420
TRT III Km.	245	180	382	332	198	93	72	1502
TRT IV Km.	162	151	434	455	187	144	69	1604
Jumlah	757	698	1364	1440	776	445	268	5749

Data dari tabel 3.25 tersebut didapatkan dari perhitungan *excel* yang akan dilampirkan di dalam daftar lampiran. Selain itu juga akan dilakukan peramalan untuk produktivitas lahan tersebut yang kemudian untuk menjadi fungsi batasan matematika yang ada. Berikut ini adalah produktivitas lahan yang dimiliki oleh PG Mojo ditahun 2012:

Tabel 3.26. Produktivitas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	661.55	666.51	664.65	658.47	656.38	667.25	661.99
TRT II Km.	670.61	638.12	661.87	668.46	662.61	660.96	664.00
TRT III Km.	640.77	661.67	648.25	643.53	643.55	618.66	657.97
TRT IV Km.	656.97	642.90	638.89	666.57	649.06	661.55	658.98

Berdasarkan tabel 3.16 tentang permintaan gula untuk PG mojo, data tersebut akan digunakan untuk melakukan peramalan permintaan untuk tahun 2012. Peramalan permintaan gula menggunakan metode dekomposisi seperti pada tabel 3.27 dibawah ini:

Tabel 3.27. Peramalan permintaan gula PG Mojo th. 2012**Multiplicative decomposition**

5 seasons

Enter past demands in the data area. Do not change the time period numbers!

Data

Tahun	Demand	Time (x)	Average	Ratio	Seasonal	Smoothed	Unadjusted	Adjusted
2002	149965	1	182570.2	0.821410066	1.032187	145288.7	126299.379	130364.5
2003	135829	2	182570.2	0.743982315	1.134123	119765.7	138804.0059	157420.8
2004	107641	3	182570.2	0.58958691	0.9466	113713.3	151308.6328	143228.8
2005	129054	4	182570.2	0.706873301	0.926085	139354.4	163813.2597	151705
2006	181056	5	182570.2	0.991706204	0.961006	188402.6	176317.8866	169442.5
2007	226928	6	182570.2	1.242962981	1.032187	219851.7	188822.5134	194900.1
2008	278285	7	182570.2	1.524262996	1.134123	245374.7	201327.1403	228329.7
2009	238001	8	182570.2	1.303613624	0.9466	251427.1	213831.7672	202413.2
2010	209097	9	182570.2	1.145296439	0.926085	225786	226336.3941	209606.7
2011	169846	10	182570.2	0.930305165	0.961006	176737.8	238841.021	229527.6

Average

Intercept 113794.8

Slope 12504.63

Ratios

	Season 1	Season 2	Season 3	Season 4	Season 5
	0.82141	0.743982	0.58958691	0.706873301	0.991706
	1.242963	1.524263	1.303613624	1.145296439	0.930305
Average	1.032187	1.134123	0.946600267	0.92608487	0.961006

Forecasts

Period	Unadjusted	Seasonal	Adjusted
11	251345.6	1.032187	259436 90802.45665

Dari metode peramalan yang digunakan, didapatkan jumlah permintaan gula untuk tahun 2012 yaitu sebesar 259436 kuintal. Jumlah permintaan ini akan menjadi batasan pada penelitian ini untuk menghitung pendapatan dan keuntungan yang didapatkan oleh perusahaan, sehingga dapat diketahui keoptimalan dari biaya produksi yang telah dikeluarkan.

Dari kebutuhan tenaga kerja pada tabel 3.10, maka dapat diketahui kebutuhan tenaga kerja untuk setiap kuintal tebu yang akan dipanen, yaitu masing-masing kategori dan kawasan tersebut dibagi dengan luas lahan pada kategori dan kawasan tersebut (tabel 3.25). kebutuhan tenaga kerja untuk setiap kuintal tebu dapat dilihat pada tabel 3.28 berikut ini:

Tabel. 3.28. Kebutuhan tenaga kerja (/kuintal tebu)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	55.13	55.54	55.39	54.87	54.70	55.60	55.17
TRT II Km.	55.88	53.18	55.16	55.70	55.22	55.08	55.33
TRT III Km.	53.40	55.14	54.02	53.63	53.63	51.55	54.83
TRT IV Km.	54.75	53.58	53.24	55.55	54.09	55.13	54.91

Nilai pada tabel 3.28 tersebut akan digunakan sebagai koefisien dari variabel luas lahan tanam tebu, untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja tebang angkut yang tersedia. maka RHS dari kendala tersebut adalah total kebutuhan tenaga kerja tebang angkut.

3.4 Model Matematika

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, rancangan model matematis yang akan digunakan adalah :

Fungsi Tujuan :

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^7 C_{ij}X_{ij} + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^7 D_{ij}T_{ij} + \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^7 E_{ik}KG_{ik}$$

Keterangan :

- C_{ij} : Biaya pengadaan lahan kategori tebu i dalam kawasan j (Rp/Ha)
- X_{ij} : Luas lahan yang akan dikerjakan di kategori i dalam kawasan j (Ha)
- D_{ij} : Biaya tenaga kerja kategori tebu i dalam kawasan j (Rp/kuintal)

- d. T_{ij} : Kegiatan tebang untuk kategori i dalam kawasan j (Kuintal)
- e. E_{ik} : Biaya produksi kategori tebu i dalam kawasan j (Rp/kuintal)
- f. KG_{ik} : Kegiatan giling untuk kategori i dalam kawasan j (Kuintal)
- g. i : Kategori tebu yang ditanam, $i : 1,2,3,4$
- h. j : Kawasan penanaman tebu, $j : 1,2,3,\dots,7$
- i. k : Tahap Giling, $k : 1,2,3,\dots,7$

Dengan Kendala :

1. Luas Lahan

$$X_{ij} \leq LL_{ij}$$

$$\sum X_{ij} \leq TLL$$

Ket :

LL_{ij} : Luas lahan yang dimiliki perusahaan untuk kategori I dan kawasan j (hektar)

TLL : Total Luas Lahan Tebu yang tersedia (hektar)

2. Tenaga Kerja

$$\sum X_{ij} * T_{ij} \leq JTK$$

Ket :

JTK : Jumlah Tenaga Kerja yang tersedia

3. Kapasitas Giling Pabrik

$$\sum KG_{ik} \leq 0,8 * KGP$$

Ket :

KGP : Kapasitas giling pabrik

4. Kegiatan Tebang Angkut Tebu

$$\sum T_{ij} - \sum G_{ij} = 0$$

$$\sum P_{ij} * X_{ij} - \sum T_{ij} = 0$$

$$P_{ij} * X_{ij} - T_{ij} = 0$$

Ket :

P_{ij} : Produktivitas Lahan untuk kategori i dalam kawasan j (Ku/Ha)

5. Rendemen Tebu

$$\sum R_{ik} * KG_{ik} \geq PG$$

Ket :

R_{ik} = Rendemen dalam kategori i dan tahap giling k

PG = Permintaan Gula

6. Kapasitas Lahan

$$\sum KL_{ij} \cdot X_{ij} \geq 0.8 \times KGP$$

Ket :

KL_{ij} : Kapasitas Lahan dlm kategori i dan kawasan j (Kuintal/Ha)

KGP : Kapasitas giling pabrik total (Kuintal)

Dari model matematika diatas, dengan nilai-nilai koefisien, batasan, variabel, dan *subscribes* yang ada, maka dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut :

Fungsi Tujuan

MEMINIMUMKAN $Z =$

$$\begin{aligned} &7701500X_{11} + 7701500X_{12} + 7701500X_{13} + 7701500X_{14} + 7701500X_{15} + \\ &7701500X_{16} + 7701500X_{17} + 6382750X_{21} + 6382750X_{22} + 6382750X_{23} + \\ &6382750X_{24} + 6382750X_{25} + 6382750X_{26} + 6382750X_{27} + 6910250X_{31} + \\ &6910250X_{32} + 6910250X_{33} + 6910250X_{34} + 6910250X_{35} + 6910250X_{36} + \\ &6910250X_{37} + 6699250X_{41} + 6699250X_{42} + 6699250X_{43} + 6699250X_{44} + \\ &6699250X_{45} + 6699250X_{46} + 6699250X_{47} + 7385T_{11} + 7385T_{12} + 7912.5T_{13} + \\ &7912.5T_{14} + 6857.5T_{15} + 7912.5T_{16} + 7385T_{17} + 7385T_{21} + 7385T_{22} + \\ &7912.5T_{23} + 7912.5T_{24} + 6857.5T_{25} + 7912.5T_{26} + 7385T_{27} + 7385T_{31} + \\ &7385T_{32} + 7912.5T_{33} + 7912.5T_{34} + 6857.5T_{35} + 7912.5T_{36} + 7385T_{37} + \\ &7385T_{41} + 7385T_{42} + 7912.5T_{43} + 7912.5T_{44} + 6857.5T_{45} + 7912.5T_{46} + \\ &7385T_{47} + 3745.01KG_{11} + 3745.01KG_{12} + 3745.01KG_{13} + 3745.01KG_{14} + \\ &3745.01KG_{15} + 3745.01KG_{16} + 3745.01KG_{17} + 3745.01KG_{21} + 3745.01KG_{22} + \\ &3745.01KG_{23} + 3745.01KG_{24} + 3745.01KG_{25} + 3745.01KG_{26} + 3745.01KG_{27} + \\ &3745.01KG_{31} + 3745.01KG_{32} + 3745.01KG_{33} + 3745.01KG_{34} + 3745.01KG_{35} + \\ &3745.01KG_{36} + 3745.01KG_{37} + 3745.01KG_{41} + 3745.01KG_{42} + 3745.01KG_{43} + \\ &3745.01KG_{44} + 3745.01KG_{45} + 3745.01KG_{46} + 3745.01KG_{47} \end{aligned}$$

Kendala

○ Luas Lahan

- $X_{11} \leq 169$;
- $X_{12} \leq 158$;
- $X_{13} \leq 244$;
- $X_{14} \leq 321$;
- $X_{15} \leq 175$;
- $X_{16} \leq 101$;
- $X_{17} \leq 56$;
- $X_{21} \leq 181$;
- $X_{22} \leq 209$;
- $X_{23} \leq 304$;
- $X_{24} \leq 333$;
- $X_{25} \leq 216$;
- $X_{26} \leq 107$;
- $X_{27} \leq 71$;
- $X_{31} \leq 245$;
- $X_{32} \leq 180$;
- $X_{33} \leq 382$;
- $X_{34} \leq 332$;
- $X_{35} \leq 198$;
- $X_{36} \leq 93$;
- $X_{37} \leq 72$;
- $X_{41} \leq 162$;
- $X_{42} \leq 151$;
- $X_{43} \leq 434$;
- $X_{44} \leq 455$;
- $X_{45} \leq 187$;
- $X_{46} \leq 144$;
- $X_{47} \leq 69$;

- $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47} \leq 5749$
- Tenaga Kerja

$55.13X_{11}+55.54X_{12}+55.39X_{13}+54.87X_{14}+54.70X_{15}+55.60X_{16}+55.17X_{17}+55.88X_{21}+53.18X_{22}+55.16X_{23}+55.70X_{24}+55.22X_{25}+55.08X_{26}+55.33X_{27}+53.40X_{31}+55.14X_{32}+54.02X_{33}+53.63X_{34}+53.63X_{35}+51.55X_{36}+54.83X_{37}+54.75X_{41}+53.58X_{42}+53.24X_{43}+55.55X_{44}+54.09X_{45}+55.13X_{46}+54.91X_{47} \leq 313783;$
- Kapasitas Giling Pabrik
 - $KG_{11}+KG_{12}+KG_{13}+KG_{14}+KG_{15}+KG_{16}+KG_{17} \geq 647615.83;$
 - $KG_{21}+KG_{22}+KG_{23}+KG_{24}+KG_{25}+KG_{26}+KG_{27} \geq 751270.49;$
 - $KG_{31}+KG_{32}+KG_{33}+KG_{34}+KG_{35}+KG_{36}+KG_{37} \geq 775689.31;$
 - $KG_{41}+KG_{42}+KG_{43}+KG_{44}+KG_{45}+KG_{46}+KG_{47} \geq 837742.00;$
 - $KG_{11}+KG_{12}+KG_{13}+KG_{14}+KG_{15}+KG_{16}+KG_{17}+KG_{21}+KG_{22}+KG_{23}+KG_{24}+KG_{25}+KG_{26}+KG_{27}+KG_{31}+KG_{32}+KG_{33}+KG_{34}+KG_{35}+KG_{36}+KG_{37}+KG_{41}+KG_{42}+KG_{43}+KG_{44}+KG_{45}+KG_{46}+KG_{47} \geq 3012317.648;$
- Kegiatan Tebang Angkut Tebu
 - $T_{11}+T_{12}+T_{13}+T_{14}+T_{15}+T_{16}+T_{17}-KG_{11}-KG_{12}-KG_{13}-KG_{14}-KG_{15}-KG_{16}-KG_{17}=0;$
 - $T_{21}+T_{22}+T_{23}+T_{24}+T_{25}+T_{26}+T_{27}-KG_{21}-KG_{22}-KG_{23}-KG_{24}-KG_{25}-KG_{26}-KG_{27}=0;$
 - $T_{31}+T_{32}+T_{33}+T_{34}+T_{35}+T_{36}+T_{37}-KG_{31}-KG_{32}-KG_{33}-KG_{34}-KG_{35}-KG_{36}-KG_{37}=0;$
 - $T_{41}+T_{42}+T_{43}+T_{44}+T_{45}+T_{46}+T_{47}-KG_{41}-KG_{42}-KG_{43}-KG_{44}-KG_{45}-KG_{46}-KG_{47}=0;$
 - $T_{11}+T_{12}+T_{13}+T_{14}+T_{15}+T_{16}+T_{17}+T_{21}+T_{22}+T_{23}+T_{24}+T_{25}+T_{26}+T_{27}+T_{31}+T_{32}+T_{33}+T_{34}+T_{35}+T_{36}+T_{37}+T_{41}+T_{42}+T_{43}+T_{44}+T_{45}+T_{46}+T_{47}-KG_{11}-KG_{12}-KG_{13}-KG_{14}-KG_{15}-KG_{16}-KG_{17}-KG_{21}-KG_{22}-KG_{23}-KG_{24}-KG_{25}-$

$$KG_{26}-KG_{27}-KG_{31}-KG_{32}-KG_{33}-KG_{34}-KG_{35}-KG_{36}-KG_{37}-KG_{41}-KG_{42}-$$

$$KG_{43}-KG_{44}-KG_{45}-KG_{46}-KG_{47}=0;$$

- $661.55X_{11}+666.51X_{12}+664.65X_{13}+658.47X_{14}+656.38X_{15}+667.25X_{16}+$
 $661.99X_{17}+670.61X_{21}+638.12X_{22}+661.87X_{23}+668.46X_{24}+662.61X_{25}+$
 $660.96X_{26}+664.00X_{27}+640.77X_{31}+661.67X_{32}+648.25X_{33}+643.53X_{34}+$
 $643.55X_{35}+618.66X_{36}+657.97X_{37}+656.97X_{41}+642.90X_{42}+638.89X_{43}+$
 $666.57X_{44}+649.06X_{45}+661.55X_{46}+658.98X_{47}-T_{11}-T_{12}-T_{13}-T_{14}-T_{15}-T_{16}-$
 $T_{17}-T_{21}-T_{22}-T_{23}-T_{24}-T_{25}-T_{26}-T_{27}-T_{31}-T_{32}-T_{33}-T_{34}-T_{35}-T_{36}-T_{37}-T_{41}-T_{42}-$
 $T_{43}-T_{44}-T_{45}-T_{46}-T_{47}=0;$

- $661.55X_{11}-T_{11}=0;$
- $666.51X_{12}-T_{12}=0;$
- $664.65X_{13}-T_{13}=0;$
- $658.47X_{14}-T_{14}=0;$
- $656.38X_{15}-T_{15}=0;$
- $667.25X_{16}-T_{16}=0;$
- $661.99X_{17}-T_{17}=0;$
- $670.61X_{21}-T_{21}=0;$
- $638.12X_{22}-T_{22}=0;$
- $661.87X_{23}-T_{23}=0;$
- $668.46X_{24}-T_{24}=0;$
- $662.61X_{25}-T_{25}=0;$
- $660.96X_{26}-T_{26}=0;$
- $664.00X_{27}-T_{27}=0;$
- $640.77X_{31}-T_{31}=0;$
- $661.67X_{32}-T_{32}=0;$
- $648.25X_{33}-T_{33}=0;$
- $643.53X_{34}-T_{34}=0;$
- $643.55X_{35}-T_{35}=0;$
- $618.66X_{36}-T_{36}=0;$
- $657.97X_{37}-T_{37}=0;$

- $656.97X_{41}-T_{41}=0;$
- $642.90X_{42}-T_{42}=0;$
- $638.89X_{43}-T_{43}=0;$
- $666.57X_{44}-T_{44}=0;$
- $649.06X_{45}-T_{45}=0;$
- $661.55X_{46}-T_{46}=0;$
- $658.98X_{47}-T_{47}=0;$

○ Rendemen Tebu

$$7.35KG_{11}+7.35KG_{12}+7.35KG_{13}+7.35KG_{14}+7.35KG_{15}+7.35KG_{16}+7.35KG_{17}+6.75KG_{21}+6.75KG_{22}+6.75KG_{23}+6.75KG_{24}+6.75KG_{25}+6.75KG_{26}+6.75KG_{27}+6.50KG_{31}+6.50KG_{32}+6.50KG_{33}+6.50KG_{34}+6.50KG_{35}+6.50KG_{36}+6.50KG_{37}+6.00KG_{41}+6.00KG_{42}+6.00KG_{43}+6.00KG_{44}+6.00KG_{45}+6.00KG_{46}+6.00KG_{47} \geq 259436;$$

○ Kapasitas Lahan

$$661.55X_{11}+666.51X_{12}+664.65X_{13}+658.47X_{14}+656.38X_{15}+667.25X_{16}+661.99X_{17}+670.61X_{21}+638.12X_{22}+661.87X_{23}+668.46X_{24}+662.61X_{25}+660.96X_{26}+664.00X_{27}+640.77X_{31}+661.67X_{32}+648.25X_{33}+643.53X_{34}+643.55X_{35}+618.66X_{36}+657.97X_{37}+656.97X_{41}+642.90X_{42}+638.89X_{43}+666.57X_{44}+649.06X_{45}+661.55X_{46}+658.98X_{47} \geq 3012317.648;$$

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Optimal

Berdasarkan rumusan model matematika yang telah dibangun dan dikembangkan dalam penelitian ini diperoleh perencanaan alokasi areal tanam tebu dan jadwal tahap giling yang optimal bagi PG Mojo. Perencanaan tersebut meliputi tingkat penggunaan dan tingkat kegiatan dari lahan yang menjadi kendala serta nilai fungsi tujuan yang dicapai. Perencanaan optimal dalam penelitian ini berdasarkan asumsi bahwa petani yang bermitraan dengan PG Mojo bersedia untuk menanam tebu dan minimal 80% dari hasil pertanian tersebut harus dikirim atau digiling di pabrik gula Mojo.

Jenis kegiatan pengadaan tebu yang pengelolaannya dilakukan oleh PG Mojo adalah untuk tebu kategori TRT I Km, TRT II Km, TRT III Km, dan TRT IV Km yang semuanya dilakukan dalam tujuh kawasan yang dimiliki oleh PG Mojo.

4.1.1 Kegiatan Penggunaan Lahan

Kegiatan penggunaan lahan ini merupakan kegiatan perusahaan dalam menggunakan lahan tanam tebu untuk mendapatkan nilai atau biaya pangaan yang minimal akan tetapi harus bias memenuhi kebutuhan gula yang telah ditargetkan. Perencanaan area optimal pada seluruh kegiatan pengadaan lahan tanam tebu PG Mojo dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1. Area Alokasi Lahan Tanam tebu Kondisi Optimal (Ha)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	0.00	0.00	0.00	0.00	175.00	0.00	0.00
TRT II Km.	181.00	209.00	304.00	333.00	216.00	107.00	71.00
TRT III Km.	245.00	180.00	382.00	331.31	198.00	0.00	72.00
TRT IV Km.	162.00	151.00	434.00	455.00	187.00	144.00	69.00

Pada tabel 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa dalam kondisi optimal, lahan untuk kategori TRT I Km kawasan I, II, III, IV, VI, dan VII, dan TRT III Km pada kawasan VI tidak digunakan sama sekali. Hal ini disebabkan oleh cukup besarnya biaya pengadaan tebu pada lahan tersebut jika dibandingkan dengan kategori pada kawasan lainnya.

Area optimal penggunaan lahan pada PG Mojo seluruhnya adalah 4.606,31 hektar. Luas lahan tersebut dengan struktur luas area berdasarkan kategori tanaman tebu yaitu TRT I Km sebesar 175.00 ha, TRT II Km sebesar 1420.00 ha, TRT III Km sebesar 1408.31 ha, dan TRT IV Km sebesar 1602.00 ha.

Terlihat bahwa TRT IV Km merupakan area terluas yang digunakan oleh PG Mojo dalam pengadaan tebu yang optimal. Hal ini dikarenakan biaya pengadaan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan yang lain, sehingga dapat memaksimalkan keterbatasan luas lahan yang ada dan meminimalkan biaya untuk pengadaan tebu pada kategori tersebut.

Dan sebaliknya bahwa kategori TRT I Km area yang paling sedikit dimanfaatkan oleh pabrik, hal ini dikarenakan tingginya yang harus dikeluarkan dalam pengadaan lahan pada kategori tersebut, padahal lahan yang diperlukan tidak seluas itu. Oleh karena itu, lahan untuk kategori TRT I Km tidak semuanya dimanfaatkan.

Tabel 4.2. Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo th. 2012

Kategori	SKW							Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	
TRT I Km.	169	158	244	321	175	101	56	1223
TRT II Km.	181	209	304	333	216	107	71	1420
TRT III Km.	245	180	382	332	198	93	72	1502
TRT IV Km.	162	151	434	455	187	144	69	1602
Jumlah	757	698	1364	1440	776	445	268	5749

Tingkat penggunaan lahan tanam tebu pada tahun 2012 diperkirakan sebesar 5749 hektar, atau 19.87% lebih besar dari pada penggunaan lahan

optimal. Luas tersebut terstruktur dari TRT I Km seluas 1223 ha, TRT II Km sebesar 1420 ha, TRT III Km sebesar 1502 ha, dan TRT IV Km sebesar 1602 ha. Biaya pada keadaan ini diyakini akan lebih besar daripada kondisi optimal karena luas lahan yang lebih besar.

Tabel 4.3. Perbandingan Realisasi Luas Lahan yang dimiliki PG Mojo dengan Kondisi Optimal

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	169	158	244	321	0	101	56
TRT II Km.	0	0	0	0	0	0	0
TRT III Km.	0	0	0	0	0	93	0
TRT IV Km.	0	0	0	0	0	0	0

Jika dibandingkan dengan total luas lahan yang dimiliki oleh PG Mojo, maka terlihat bahwa untuk total masing-masing kategori tebu mengalami kelebihan lahan. Untuk TRT I Km pada kawasan I, II, III, IV, VI, dan VII terjadi kelebihan lahan seluas 169, 158, 244, 321, 101, dan 56 ha (100% dari lahan yang tersedia). Dengan kata lain untuk kategori TRT I Km pada kawasan tersebut benar-benar tidak dimanfaatkan untuk penanaman tebu sama sekali. Untuk TRT III Km kawasan 6 terjadi kelebihan lahan seluas 93 ha (100% dari lahan yang tersedia), tidak perlu ditanami tebu juga.

Kelebihan ini terjadi karena kebutuhan gula akan berlebih jika semua lahan akan dimanfaatkan untuk penanaman tebu. Oleh karena itu dilakukan pengurangan penggunaan lahan seperti yang terlihat pada tabel 4.3 diatas. Pengurangan lahan pada kawasan-kawasan tersebut dipilih karena faktor biaya pengadaan kebun yang kecil.

Untuk kawasan lain yang nilai perbandingan realisasinya adalah nol, hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan lahan tersebut sebagai area tanam tebu untuk PG Mojo telah pada keadaan yang optimal.

4.1.2 Kegiatan Tebang Angkut dan Giling Pabrik

Kegiatan tebang angkut ini adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh PG Mojo untuk tenaga tebang dan angkut tebu. Sedangkan kegiatan giling tersebut merupakan kemampuan pabrik untuk menggiling tebu yang telah dipanen. Pada kondisi optimal, kegiatan tebang angkut dan giling dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.4. Kegiatan Tebang Angkut (Kuintal)

Kategori	SKW						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	0.00	0.00	0.00	0.00	114886.50	0.00	0.00
TRT II Km.	121380.40	133367.10	201208.50	222597.20	143123.80	70722.72	47144.00
TRT III Km.	156988.60	119100.60	247631.50	213208.30	127422.90	0.00	47373.84
TRT IV Km.	106429.10	97077.90	277278.30	303289.40	121374.20	95263.20	45469.62

Pada tabel 4.4 di atas, terlihat jumlah tebu yang diangkut dari lahan ke pabrik gula Mojo untuk masing-masing kategori tebu dan kawasan tanam tebu. Nilai nol berarti tidak ada tebu yang diangkut dari kebun ke pabrik Mojo. Hal ini dikarenakan tidak adanya pemanfaatan atau penggunaan lahan sebagai area tanam tebu.

Tabel 4.5. Kegiatan Giling Optimal (kuintal)

Kategori	Tahap Giling						
	1	2	3	4	5	6	7
TRT I Km.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114866.5
TRT II Km.	0.00	0.00	0.00	274539.1	405608.3	232635.5	26760.78
TRT III Km.	0.00	0.00	425836	485889.8	0.00	0.00	0.00
TRT IV Km.	397437.2	363868.4	284876	0.00	0.00	0.00	0.00

Kapasitas tebang angkut dan giling pabrik yang optimal yaitu sebesar 3012317.6 kuintal tebu, atau 753079.4 kuintal lebih kecil dari kapasitas giling pabrik yang ada. Hal ini disebabkan penggunaan lahan

yang juga lebih kecil dibandingkan dengan lahan yang tersedia. Bahkan pada kondisi optimal pada kategori tebu TRT II Km dan TRT III Km tidak digunakan untuk menanam tebu. Jumlah tebu yang digiling kurang dari tebu yang tersedia ini secara otomatis akan mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh pabrik.

Pada kondisi optimal, tahap giling I dan II hanya dilakukan untuk menggiling tebu kategori TRT IV Km sejumlah 397437.2 ku dan 363868.4 ku. Tahap giling III, tebu yang digiling yaitu kategori TRT III Km sejumlah 425836 ku dan TRT IV sebanyak 284876 ku, tahap giling IV digunakan untuk menggiling tebu TRT II Km sejumlah 274539.1 ku dan TRT III Km sejumlah 485889.8 ku. tahap giling V dan VI digunakan untuk menggiling tebu kategori TRT II Km sejumlah 405608.3 ku dan 232635.5 ku. Dan untuk tahap giling ke-VII digunakan untuk menggiling tebu kategori TRT I Km sebanyak 114866.5 ku dan TRT II Km sejumlah 26760.78 ku.

4.2 Hasil Fungsi Tujuan

Dari fungsi tujuan yang telah ada, dan setelah melalui pengolahan menggunakan *software*, maka didapatkan hasil dari fungsi tujuan tersebut, dengan biaya produksi sebesar Rp. 65.001.880.000,-. Ini adalah total biaya dari mulai pengadaan pengolahan lahan tanam tebu, biaya untuk tabang angkut, dan biaya untuk kegiatan giling dalam pabrik. Biaya ini akan digunakan untuk untuk mengurangi hasil penjualan gula, sehingga pihak manajemen dapat memperkirakan keuntungan yang akan diperoleh oleh PG Mojo ditahun 2012 nanti.

Biaya kebun akan sangat tergantung pada jumlah area tanam tebu yang dipergunakan oleh pabrik. Semakin banyak area yang dikelola, maka biaya yang akan dikeluarkanpun akan semakin besar. Namun hal tersebut juga akan berbanding lurus dengan hasil gula yang akan dihasilkan, sehingga dapat mempertinggi hasil pendapatan melalui penjualan gula, dan menghindari kerugian atau keuntungan yang semakin rendah.

Hasil kegiatan giling di dalam kendala model matematika yang telah diolah member batasan untuk produksi gula PG Mojo minimal yaitu 259.436 kg. Produksi gula di PG Mojo bisa saja melebihi angka tersebut, akan tetapi untuk menghitung keuntungan yang akan didapat di tahun 2012, maka keadaan produksi yang terkecil akan diambil. Oleh karena itu produksi gula diasumsikan sama dengan 259.436 kg.

Dengan angka produksi tersebut, maka hasil dari penjualan gula oleh PG Mojo adalah sebesar Rp. 72.641.965.322,-. Hasil ini adalah penjualan atas 35% total gula yang dihasilkan oleh PG Mojo dikalikan dengan target harga gula di tahun 2012 yaitu sebesar Rp. 8.000,-. Dengan hasil penjualan tersebut, maka dapat dihitung keuntungan yang akan didapatkan oleh PG Mojo pada tahun 2012.

Dengan pendapatan penjualan tersebut, dan biaya yang dikeluarkan sebesar itu, maka keuntungan yang akan didapatkan pada tahun 2012 dapat diketahui yaitu sebesar Rp. 7.640.085.322,-, atau sebesar 11.75% dari total biaya yang telah dikeluarkan oleh pabrik.

Biaya produksi direncanakan akan digunakan untuk tahun 2012 adalah sebesar Rp. 65.001.880.000,- dengan hasil gula kristal yang diproduksi sebesar 90802,456 ku, atau Rp. 7158.60/kg. sedangkan untuk tahun sebelumnya yaitu sebesar Rp. 50.925.839.091,- dengan hasil gula Kristal sebesar 68552.92 ku, atau Rp. 7428.70/kg. Jadi ada penurunan biaya sebesar Rp. 270,09/kg gula kristal yang diproduksi.

4.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan kajian tentang sensitivitas solusi optimal yang diakibatkan oleh perubahan yang terjadi pada parameter-parameter model, yakni nilai variabel keputusan pada fungsi tujuan, nilai ruas kanan, dan koefisien fungsi kendala. Dalam hal ini, ingin diketahui seberapa besar perubahan pada parameter model yang diijinkan untuk tetap mempertahankan solusi optimal.

Nilai *reduced cost* menunjukkan pengaruh penambahan kegiatan terhadap nilai optimal. Nilai *reduced cost* dapat dilihat pada *Lampiran 2*. Nilai

reduced cost untuk penggunaan lahan terbesar adalah pada lahan X_{13} yaitu 564,462.6 yang menunjukkan penambahan biaya sebesar 564,462.6 apabila lahan tersebut ditambah seluas 1 hektar. Demikian pula untuk nilai *reduced cost* pada lahan-lahan yang lain.

Untuk nilai *reduced cost* pada kegiatan tebang angkut dan kegiatan giling tebu adalah nol. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penambahan atau pengurangan nilai untuk kegiatan tersebut. Dengan kata lain kegiatan tersebut tergantung pada kegiatan penggunaan lahan. Nilai nol menunjukkan bahwa kegiatan tersebut telah berada pada keadaan optimal.

Nilai *dual price* menunjukkan pengaruh penambahan lahan terhadap biaya yang dikeluarkan. Sebagai contoh nilai *dual price* pada lahan X_{15} sebesar 39,214.70 yang menunjukkan penurunan biaya sebesar 39,214.70 jika pada lahan tersebut ditambahkan lahan seluas 1 hektar. Nilai *dual price* juga menunjukkan tingkat kelangkaan lahan yang tersedia. Nilai terbesar yaitu pada lahan X_{35} yaitu 955139.7, artinya lahan tersebut adalah lahan yang paling langka yang dimiliki oleh perusahaan.

Dengan analisa kepekaan dapat diketahui pula batas peningkatan atau penurunan koefisien fungsi tujuan agar kondisi pabrik tidak keluar dari kondisi optimal. *Allowable increase* berarti maksimum penambahan yang diijinkan. Sedangkan *allowable decrease* berarti maksimum pengurangan yang diijinkan. Dengan batasan peningkatan dan penurunan nilai koefisien tersebut, keadaan pabrik masih dalam kondisi optimal.

Sebagai contoh untuk nilai koefisien pada X_{11} yaitu 7701500, nilai *allowable increase*-nya adalah INFINITY. Hal ini menunjukkan bahwa nilai X_{11} dapat meningkat tak terbatas. Sedangkan nilai *allowable decrease*-nya 248782.9. Hal ini berarti nilai koefisien X_{11} dapat menurun sebesar 248782,9 menjadi 7452717.1. Jadi nilai koefisien dari X_{11} dapat berubah dari 7452717.1 meningkat sampai tak terhingga nilainya, tanpa merubah kondisi yang telah optimal.

Pada penggunaan lahan X_{34} , nilai koefisiennya yaitu 6910250, dapat berubah meningkat sebesar 186254.8 ($6910250+186254.8$) dan berubah menurun sebesar 38446.99 ($6910250-38446.99$). Jadi agar kondisi optimal

tetap terjaga, nilai koefisien X_{34} berkisar antara 6871803.01 sampai 7096504.8.

Selain itu, dengan analisa kepekaan (*sensitivity analysis*) dapat melihat kenaikan atau penurunan nilai dari kendala yang tersedia. Kenaikan ataupun penurunan nilai kendala yang tersedia harus berada pada *range* tertentu agar kondisi tetap optimal. Nilai peningkatan kendala pada penggunaan lahan yang tertinggi terjadi pada lahan X_{22} yaitu seluas 334.1195. Itu artinya lahan yang tersedia pada X_{22} masih mungkin ditambah seluas 334.1196 ha, dengan kondisi pabrik masih dalam keadaan optimal. Sedangkan nilai penurunan kendala penggunaan lahan yang paling tinggi terjadi pada lahan X_{21} yaitu seluas 0.6615201, yang artinya lahan yang tersedia pada X_{21} masih dapat berkurang seluas 0.6615201 ha dan keadaan perusahaan tetap pada kondisi yang optimal.

Total lahan yang menjadi kendala yaitu 5749 ha, dan lahan tersebut dapat ditambah sampai tak terhingga dan dikurangi maksimal sebesar 1142,689 ha agar kondisi tetap optimal. Sedangkan untuk jumlah tenaga kerja pada kondisi optimal yaitu 313783 orang, dapat ditambah sebanyak tak terhingga tenaga kerja dan dikurangi maksimal sebanyak 62753 orang agar kondisi tetap optimal.

Sedangkan untuk kegiatan giling, kenaikan nilai kendala paling besar adalah 0.038 ku dan penurunan nilai kendala paling besar adalah *infinity*. Artinya kegiatan giling dapat dilakukan dengan menambahkan tebu sebanyak 0.038 ku atau mengurangi tebu sebanyak tak terhingga untuk tetap menjaga kondisi pada keadaan optimal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengolahan dan analisa terhadap pemecahan masalah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alokasi yang optimal dalam penggunaan lahan pada keseluruhan area tanam bahan baku tebu yang dimiliki oleh PG Mojo berdasarkan kategori tanaman tebu adalah TRT I Km 3.80% (175.00 ha), TRT II Km 30.85% (1421.00 ha), TRT III Km 30.57% (1408.31 ha), dan TRT IV Km 34.78% (1602.00 ha).
2. Total alokasi penggunaan area tanam bahan baku tebu yang optimal adalah sebesar 4606.31 ha dari lahan yang tersedia, atau 80.22% dari total luas lahan yang dimiliki pabrik yaitu 5749 ha. Penggunaan lahan yang tidak optimal terbesar terjadi pada kategori TRT I Km, sedangkan kategori lainnya sudah mendekati nilai optimal.
3. Jumlah tebu yang digiling pada kondisi optimal adalah sebesar 3012337.68 ku, atau hanya 80.01% dari kapasitas giling pabrik atau total jumlah tebu yang seharusnya didapatkan oleh pabrik yaitu sebesar 3765397.06 ku.
4. Biaya produksi direncanakan akan digunakan untuk tahun 2012 adalah sebesar Rp. 65.001.880.000,- dengan hasil gula kristal yang diproduksi sebesar 90802,456 ku, atau Rp. 7158.60/kg. sedangkan untuk tahun sebelumnya yaitu sebesar Rp. 50.925.839.091,- dengan hasil gula Kristal sebesar 68552.92 ku, atau Rp. 7428.70/kg. Jadi ada penurunan biaya sebesar Rp. 270,09/kg gula kristal yang diproduksi.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk perusahaan setelah dialkukannya penelitian ini adalah agar pihak PG Mojo lebih detail lagi dalam melakukan perencanaan, memilih dan menentukan alokasi penggunaan lahan tanam bahan baku tebu berdasarkan kategori tanaman tebu yang ada agar mendapatkan biaya produksi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chase, Richard. B, F. Robert Jacobs, and Nicholas J. Aquilano. (2007). *Operations Management for Competitive Advantage with Global Case*. McGraw-Hill. Singapore.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2010). *Biaya Pokok Produksi (BPP) Gula Petani tahun 2010*. Kementerian Pertanian.
- Ginting, Rosnani. (2007). *Sistem Produksi*. Penerbit Graha Ilmu: Surabaya.
- Heizer, Jay., Barry Render. (2001). *Operations Management*, Sixth Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Imam, Taghrid., Fatma Hassan. (2009). *Linear Programming and Sensitivity Analysis in Production Planning*. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.9 No.2. 456-465
- International Sugar Organization. (2009). *Quarterly Market Outlook*.
- Luknanto, Djoko. (2000). *Pengantar Optimasi Nonlinier*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik: Universitas Gadjah Mada.
- Mojo, PG. (2002-2011). *Buku Laporan Tahunan*. Sragen: PG Mojo.
- Ragsdale, T. (2007). *Managerial Decision Modeling*. Thomson/South-Western.
- Rizal, Sandra. (2010). *Optimasi Bersyarat dengan Kendala Persamaan Menggunakan Multiplier Lagrange serta Penerapannya*. Departemen Matematika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. USU
- Schrage, Linus. (2006). *Optimization Modeling with Lingo*. Lingo System. United State of America.
- Slack, Nigel., Stuart Chambers., and Robert Johnston. (2010). *Operations Management*. Prentice Hall.
- Siswanto. (2007). *Riset Operasi Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Syahabudin. (2008). *Optimasi kebutuhan persediaan bahan baku menggunakan metode programa linear*. Teknik Industri. Fakultas Teknik: Universitas Indonesia. 79

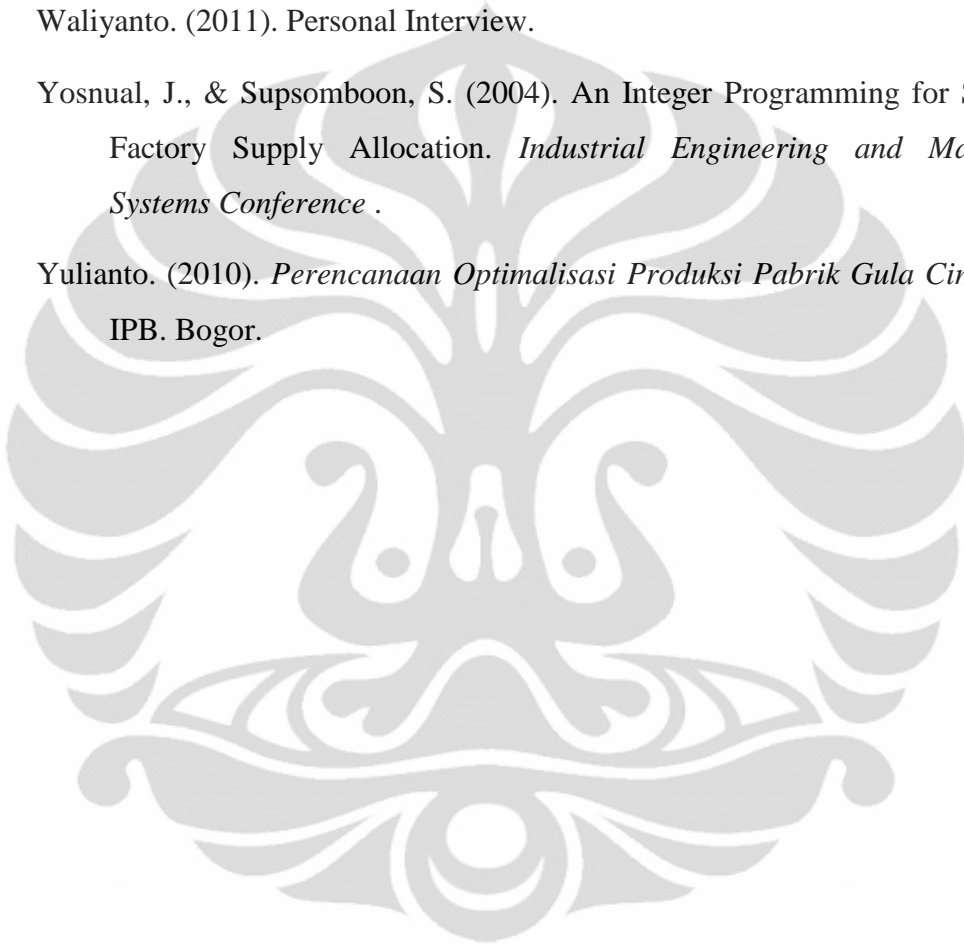
Taha, Hamdy. A. (2007) *Operation Research an Introduction*. Prentice Hall.

The Sugar Association, Inc. *About Sugar*. Washington.

Waliyanto. (2011). Personal Interview.

Yosnual, J., & Supsomboon, S. (2004). An Integer Programming for Sugarcane Factory Supply Allocation. *Industrial Engineering and Management Systems Conference* .

Yulianto. (2010). *Perencanaan Optimalisasi Produksi Pabrik Gula Cinta Manis*. IPB. Bogor.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Keterangan Nama Kawasan/Kecamatan (SKW)

SKW	NO KONTRAK	RAYON/KEBUN
SKW : 01	467,648	GESI, SUKODONO, MONDOKAN
SKW : 02	395,327	GONDANG, BUMIAJI, KEDAWUNG
SKW : 03	711,674	JENAR (BANYURIP)
SKW : 04	783,422	JENAR (MLALE, JAPOH, NDAWUNG)
SKW : 05	435,981	TANGEN (KATELAN,GALEH,JEKAWAL,DUKUH)
SKW : 06	282,079	TANGEN (NGROMBO, SIGIT, DENANYAR)
SKW : 07	252,691	KANDANG SAPI

Lampiran 2. Solution Report (Lingo 10)

Global optimal solution found.

Objective value:

0.6500188E+11

Total solver iterations:

22

Variable	Value	Reduced Cost
X11	0.000000	248782.9
X12	0.000000	192905.8
X13	0.000000	564462.6
X14	0.000000	630823.7
X15	175.0000	-0.1862645E-08
X16	0.000000	536543.7
X17	0.000000	243826.1
X21	181.0000	0.000000
X22	209.0000	0.000000
X23	304.0000	0.000000
X24	333.0000	0.000000
X25	216.0000	-0.1396984E-08
X26	107.0000	-0.1280569E-08
X27	71.00000	0.000000
X31	245.0000	0.000000
X32	180.0000	0.000000
X33	382.0000	0.000000
X34	331.3106	-0.1862645E-08
X35	198.0000	0.000000
X36	0.000000	267055.0
X37	72.00000	0.000000
X41	162.0000	0.000000
X42	151.0000	0.000000
X43	434.0000	0.1280569E-08
X44	455.0000	0.1164153E-08
X45	187.0000	0.000000
X46	144.0000	0.000000
X47	69.00000	0.000000
T11	0.000000	0.000000
T12	0.000000	0.000000
T13	0.000000	0.000000
T14	0.000000	0.000000
T15	114866.5	0.000000
T16	0.000000	0.000000
T17	0.000000	0.000000
T21	121380.4	0.000000
T22	133367.1	0.000000
T23	201208.5	0.000000
T24	222597.2	0.000000
T25	143123.8	0.000000
T26	70722.72	0.000000
T27	47144.00	0.000000
T31	156988.6	0.000000
T32	119100.6	0.000000
T33	247631.5	0.000000
T34	213208.3	0.000000
T35	127422.9	0.000000
T36	0.000000	0.000000
T37	47373.84	0.000000
T41	106429.1	0.000000
T42	97077.90	0.000000
T43	277278.3	0.000000

(Lanjutan)


T44	303289.4	0.000000
T45	121374.2	0.000000
T46	95263.20	0.000000
T47	45469.62	0.000000
KG11	0.000000	0.000000
KG12	0.000000	0.000000

KG13	0.000000	0.000000
KG14	0.000000	0.000000
KG15	0.000000	0.000000
KG16	0.000000	0.000000
KG17	114866.5	0.000000
KG21	0.000000	0.000000
KG22	0.000000	0.000000
KG23	0.000000	0.000000
KG24	274539.1	0.000000
KG25	405608.3	0.000000
KG26	232635.5	0.000000
KG27	26760.78	0.000000
KG31	0.000000	0.000000
KG32	0.000000	0.000000
KG33	425836.0	0.000000
KG34	485889.8	0.000000
KG35	0.000000	0.000000
KG36	0.000000	0.000000
KG37	0.000000	0.000000
KG41	397437.2	0.000000
KG42	363868.4	0.000000
KG43	284876.0	0.000000
KG44	0.000000	0.000000
KG45	0.000000	0.000000
KG46	0.000000	0.000000
KG47	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.6500188E+11	-1.000000
2	169.0000	0.000000
3	158.0000	0.000000
4	244.0000	0.000000
5	321.0000	0.000000
6	0.000000	39214.70
7	101.0000	0.000000
8	56.00000	0.000000
9	0.000000	1172033.
10	0.000000	806015.5
11	0.000000	724435.6
12	0.000000	795199.3
13	0.000000	1431435.
14	0.000000	714664.0
15	0.000000	1097568.
16	0.000000	308369.2
17	0.000000	543818.9
18	0.000000	50683.54
19	0.6893571	0.000000
20	0.000000	679160.0
21	93.00000	0.000000
22	0.000000	502136.5
23	0.000000	701870.9

(Lanjutan)

24	0.000000	543364.8
25	0.000000	161175.5
26	0.000000	458404.4
27	0.000000	955139.7
28	0.000000	404499.5
29	0.000000	724514.6
30	1142.689	0.000000
31	0.000000	7385.000
32	0.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	527.5000
35	0.000000	527.5000
36	0.000000	-527.5000



37	0.000000	527.5000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	527.5000
42	0.000000	527.5000
43	0.000000	-527.5000
44	0.000000	527.5000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	527.5000
49	0.000000	527.5000
50	0.000000	-527.5000
51	0.000000	527.5000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
54	0.000000	0.000000
55	0.000000	527.5000
56	0.000000	527.5000
57	0.000000	-527.5000
58	0.000000	527.5000
59	0.000000	0.000000
60	62752.99	0.000000
61	0.3800000E-01	0.000000
62	0.000000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	0.000000	0.000000
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	0.000000
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	-3745.010
69	0.000000	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	0.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000
73	0.000000	0.000000
74	0.1913006E+08	0.000000
75	0.000000	-18650.54

Lampiran 3. Range Report (Lingo 10)

Ranges in which the basis is unchanged:

Variable	Objective Coefficient Ranges		
	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
X11	7701500.	INFINITY	248782.9
X12	7701500.	INFINITY	192905.8
X13	7701500.	INFINITY	564462.6
X14	7701500.	INFINITY	630823.7
X15	7701500.	39214.70	INFINITY
X16	7701500.	INFINITY	536543.7
X17	7701500.	INFINITY	243826.1
X21	6382750.	1172033.	INFINITY
X22	6382750.	806015.5	INFINITY
X23	6382750.	724435.6	INFINITY
X24	6382750.	795199.3	INFINITY
X25	6382750.	1431435.	INFINITY
X26	6382750.	714664.0	INFINITY
X27	6382750.	1097568.	INFINITY
X31	6910250.	308369.2	INFINITY
X32	6910250.	543818.9	INFINITY

X33	6910250.	50683.54	INFINITY
X34	6910250.	186254.8	38446.99
X35	6910250.	679160.0	INFINITY
X36	6910250.	INFINITY	267055.0
X37	6910250.	502136.5	INFINITY
X41	6699250.	701870.9	INFINITY
X42	6699250.	543364.8	INFINITY
X43	6699250.	161175.5	INFINITY
X44	6699250.	458404.4	INFINITY
X45	6699250.	955139.7	INFINITY
X46	6699250.	404499.5	INFINITY
X47	6699250.	724514.6	INFINITY
T11	7385.000	INFINITY	376.0606
T12	7385.000	INFINITY	289.4268
T13	7912.500	INFINITY	849.2630
T14	7912.500	INFINITY	958.0143
T15	6857.500	59.74389	INFINITY
T16	7912.500	INFINITY	804.1120
T17	7385.000	INFINITY	368.3229
T21	7385.000	1747.712	INFINITY
T22	7385.000	1263.110	INFINITY
T23	7912.500	1094.529	INFINITY
T24	7912.500	1189.599	INFINITY
T25	6857.500	2160.298	INFINITY
T26	7912.500	1081.252	INFINITY
T27	7385.000	1652.963	INFINITY
T31	7385.000	481.2479	INFINITY
T32	7385.000	821.8885	INFINITY
T33	7912.500	78.18518	INFINITY
T34	7912.500	289.4268	59.74389
T35	6857.500	1055.334	INFINITY
T36	7912.500	INFINITY	431.6669
T37	7385.000	763.1601	INFINITY
T41	7385.000	1068.345	INFINITY
T42	7385.000	845.1778	INFINITY
T43	7912.500	252.2743	INFINITY

(Lanjutan)

T44	7912.500	687.7063	INFINITY
T45	6857.500	1471.574	INFINITY
T46	7912.500	611.4420	INFINITY
T47	7385.000	1099.449	INFINITY
KG11	3745.010	INFINITY	0.0
KG12	3745.010	INFINITY	0.0
KG13	3745.010	INFINITY	0.0
KG14	3745.010	INFINITY	0.0
KG15	3745.010	INFINITY	0.0
KG16	3745.010	INFINITY	0.0
KG17	3745.010	0.0	289.4268
KG21	3745.010	INFINITY	0.0
KG22	3745.010	INFINITY	0.0
KG23	3745.010	INFINITY	0.0
KG24	3745.010	0.0	0.0
KG25	3745.010	0.0	0.0
KG26	3745.010	0.0	0.0
KG27	3745.010	0.0	0.0
KG31	3745.010	INFINITY	0.0
KG32	3745.010	INFINITY	0.0
KG33	3745.010	0.0	0.0
KG34	3745.010	0.0	0.0
KG35	3745.010	INFINITY	0.0
KG36	3745.010	INFINITY	0.0
KG37	3745.010	INFINITY	0.0
KG41	3745.010	0.0	3745.010
KG42	3745.010	0.0	0.0
KG43	3745.010	0.0	0.0

KG44	3745.010	INFINITY	0.0
KG45	3745.010	INFINITY	0.0
KG46	3745.010	INFINITY	0.0
KG47	3745.010	INFINITY	0.0

Row	Righthand Side Ranges		
	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	169.0000	INFINITY	169.0000
3	158.0000	INFINITY	158.0000
4	244.0000	INFINITY	244.0000
5	321.0000	INFINITY	321.0000
6	175.0000	40.77026	0.6758615
7	101.0000	INFINITY	101.0000
8	56.00000	INFINITY	56.00000
9	181.0000	317.9319	0.6615201
10	209.0000	334.1195	0.6952015
11	304.0000	322.1302	0.6702555
12	333.0000	318.9545	0.6636478
13	216.0000	321.7705	0.6695069
14	107.0000	322.5737	0.6711783
15	71.00000	321.0969	0.6681054
16	245.0000	332.7377	0.6923264
17	180.0000	322.2276	0.6704581
18	382.0000	328.8983	0.6843378
19	332.0000	INFINITY	0.6893571
20	198.0000	331.3003	0.6893357
21	93.00000	INFINITY	93.00000

(Lanjutan)

22	72.00000	324.0396	0.6742283
23	162.0000	324.5328	0.6752546
24	151.0000	331.6353	0.6900327
25	434.0000	333.7168	0.6943637
26	455.0000	319.8589	0.6655295
27	187.0000	328.4879	0.6834838
28	144.0000	322.2861	0.6705797
29	69.00000	323.5430	0.6731949
30	5749.000	INFINITY	1142.689
31	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0
33	0.0	0.0	0.0
34	0.0	0.0	0.0
35	0.0	0.0	0.0
36	0.0	0.0	0.0
37	0.0	0.0	0.0
38	0.0	0.0	0.0
39	0.0	0.0	0.0
40	0.0	0.0	0.0
41	0.0	0.0	0.0
42	0.0	0.0	0.0
43	0.0	0.0	0.0
44	0.0	0.0	0.0
45	0.0	0.0	0.0
46	0.0	0.0	0.0
47	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0
49	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0
51	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0
53	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0
55	0.0	0.0	0.0
56	0.0	0.0	0.0

57	0.0	0.0	0.0
58	0.0	0.0	0.0
59	0.0	0.0	0.0
60	313783.0	INFINITY	62752.99
61	397437.2	0.3800000E-01	INFINITY
62	363868.4	0.3800000E-01	363868.4
63	710712.1	0.3800000E-01	284876.0
64	760428.9	0.3800000E-01	284876.0
65	405608.3	0.3800000E-01	284876.0
66	232635.5	0.3800000E-01	232635.5
67	141627.3	0.3800000E-01	26760.78
68	3012318.	0.0	0.0
69	0.0	0.0	0.0
70	0.0	0.0	0.0
71	0.0	0.0	0.0
72	0.0	0.0	0.0
73	0.0	0.0	0.0
74	259436.0	0.1913006E+08	INFINITY
75	3012318.	0.0	0.0

