



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MODEL OPTIMASI PERENCANAAN
PRODUKSI DAN PERSEDIAAN DENGAN
MEMPERHITUNGGAN PERUBAHAN PERMINTAAN
MENGUNAKAN METODE *INTEGER PROGRAMMING*
PADA PRODUSEN *PUMPING UNIT***

SKRIPSI

**RENGGA
0806367424**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MODEL OPTIMASI PERENCANAAN
PRODUKSI DAN PERSEDIAAN DENGAN
MEMPERHITUNGGAN PERUBAHAN PERMINTAAN
MENGUNAKAN METODE *INTEGER PROGRAMMING*
PADA PRODUSEN *PUMPING UNIT***

SKRIPSI


**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

**RENGGA
0806367424**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : RENGGA
NPM : 0806367424
Tanda Tangan : 
Tanggal : 27 Desember 2010

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rengga
NPM : 0806367424
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perancangan Model Optimasi Perencanaan
Produksi dan Persediaan Dengan
Memperhitungkan Perubahan Permintaan
Menggunakan Metode *Integer Programming* Pada
Produsen *Pumping Unit*

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 : Armand Omar Moeis, ST, M.Sc (.....)

Penguji : Ir. Rahmat Nureahyo, M.Eng.Sc (.....)

Penguji : Komarudin, ST, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Hanya kepada-Nya saya menyembah dan hanya kepada-Nya saya memohon pertolongan. Atas berkat rahmat, kemudahan, dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam saya haturkan kepada junjungan saya, Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas jasa-jasa mereka hingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Mereka adalah:

1. Bpk. Ir. Yadrifil, MSc. Terima kasih atas segala yang telah ibu berikan selaku dosen pembimbing skripsi dan pembimbing akademis; motivasi, arahan, saran, do'a, bimbingan akademis, dan bimbingan hidup. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan ibu dengan kebaikan yang lebih banyak.
2. Keluarga tercinta, terutama Ayah, Ibu, Kakak, dan Adik yang tercinta, atas seluruh perhatian dan kasih sayang yang tanpa batas, dimana tanpanya penulis tidak mungkin mencapai tahap seperti sekarang ini.
3. Cut Assyifanur sebagai kekasih penulis yang menjadi motivator penulis untuk segera menyelesaikan studinyadan selalu menemani penulis baik dalam suka maupun duka.
4. Irmawati Ulfah, Ivan Rahadian, Danang Dito Anggoro, dan Wisnu Barata sebagai rekan penulis dalam tim skripsi atas kerja sama yang hebat dalam 6 bulan ini.
5. Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri terutama atas kesediaannya membantu dalam hal pembuatan administrasi skripsi ini.
6. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2008: Abdullah., Adhitya, Adiva, Agung, Ahmudi, Aminudin, Andi, Andry, Arfian, Arief, Dhidiek, Dwi, Dwinanto, Eka, Fanani, Gilang, Harissa, Havez, Henny, Koko, Lutrina, Mars, Meutia, Mira, Mirza, Nanang, Nikita, Octana, Renny, Romel, Syarif, Thomas, Tommy, Triyono, Wage, Windhar, Yudi, Zaenal TW. Terima kasih atas 2,5

tahun yang luar biasa dan penuh hikmah ini. Semoga Allah menunjuki kalian jalan yang lurus.

7. Pihak-pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu di sini.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Depok, 21 Desember 2010

Penulis



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

Sebagai sivitas akademis Universitas Indonesia. Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rengga
NPM : 0806367424
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**PERANCANGAN MODEL OPTIMASI PERENCANAAN PRODUKSI
DAN PERSEDIAAN DENGAN MEMPERHITUNGGAN PERUBAHAN
PERMINTAAN MENGGUNAKAN METODE *INTEGER PROGRAMMING*
PADA PRODUSEN *PUMPING UNIT***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 27 Desember 2010

Yang menyatakan


(Rengga)

ABSTRAK

Nama : Rengga
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Perancangan Model Optimasi Perencanaan Produksi dan Persediaan Dengan Memperhitungkan Perubahan Permintaan Menggunakan Metode *Integer Programming* Pada Produsen *Pumping Unit*

Penelitian ini mengkaji tentang perancangan model optimasi perencanaan produksi dan persediaan dengan memperhitungkan perubahan permintaan menggunakan metode *integer programming* pada produsen *pumping unit*. Objek yang akan diteliti adalah *pumping unit* tipe C25, C114, dan C228. Fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan laba dengan kendala, kapasitas tenaga kerja (waktu baku penyelesaian produk), ketersediaan bahan baku, target produksi (peramalan permintaan), dan pencapaian *break even point* (BEP) perusahaan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah model perencanaan produksi secara optimal sehingga dapat memaksimalkan laba berdasarkan permintaan dari tiga jenis *pumping unit* yang direncanakan. Hasil penelitian menunjukkan rencana produksi optimal untuk bulan September-Desember 2010 adalah \$97040, \$125128, \$153216, dan \$181303.

Kata kunci:
Model Optimasi, *Integer Programming*, *Pumping Unit*, Peramalan Permintaan, Memaksimalkan Laba

ABSTRACT

Name : Rengga
Study Program : Industrial Engineering
Title : Optimization Model Design of Inventory and Production Planning With Change of Demand Consideration Using Integer Programming Method In Pumping Unit Manufacturer

This study examined the optimization model design of inventory and production planning with change of demand consideration using integer programming methods in pumping unit manufacturer. Objects to be studied is the type of pump unit C25, C114, and C228. Objects to be studied are pumping unit type C25, C114, and C228. Objective function is to maximize profit, with manpower capacity constraints (time completion of raw product), availability of raw materials, production targets (demand forecast), and achievement of break even point (BEP) of the company. The purpose of this research is to design an optimal production planning model in order to maximize profits based on demand of three types of pumping units are being planned. The results showed that the optimal production plan for the month of September-December 2010 are \$ 97040, \$ 125128, \$ 153216, and \$ 181303.

Keywords:
Model Optimization, Integer Programming, Pumping Unit, Demand Forecast, Maximize Profits

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Rumusan Permasalahan..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.6 Metodologi Penelitian | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 6 |
| 2. LANDASAN TEORI..... | 7 |
| 2.1 Perencanaan Produksi..... | 7 |
| 2.2 Pengukuran Waktu | 8 |
| 2.2.1 Teknik-Teknik Pengukuran Waktu | 9 |
| 2.2.2 Pengukuran Waktu Jam Henti..... | 9 |
| 2.2.3 Langkah-Langkah Sebelum Melakukan Pengukuran | 10 |
| 2.2.4 Melakukan Pengukuran Waktu | 12 |
| 2.2.5 Pengujian Data Waktu | 12 |
| 2.2.5.1 Uji Keseragaman Data..... | 12 |
| 2.2.5.2 Uji Kecukupan Data..... | 13 |
| 2.2.6 Perhitungan Waktu | 13 |
| 2.2.7 Penyesuaian dan Kelonggaran | 14 |
| 2.2.7.1 Penyesuaian | 14 |
| 2.2.7.2 Kelonggaran..... | 15 |
| 2.3 Peramalan..... | 16 |
| 2.3.1 Metode Peramalan..... | 17 |
| 2.3.2 Analisis Deret Waktu (<i>Time Series</i>)..... | 18 |
| 2.3.3 Analisis Kesalahan Peramalan | 21 |
| 2.3.4 Verifikasi dan Pengendalian Peramalan..... | 22 |
| 2.4 Pemrograman Linier..... | 23 |
| 2.4.1 Model Pemrograman Linier | 23 |
| 2.4.2 Bentuk Umum Model Pemrograman Linier..... | 24 |
| 2.4.3 Asumsi Model Pemrograman Linier | 24 |
| 2.4.4 <i>Integer Programming</i> | 25 |
| 2.4.5 Algoritma <i>Branch and Bound</i> | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | 27 |
| 3.1 Pengumpulan Data | 27 |
| 3.1.1 Data Laba dari Setiap <i>Pumping Unit</i> | 27 |
| 3.1.2 Data Waktu Siklus Tenaga Kerja | 27 |
| 3.1.3 Data Jumlah Tenaga Kerja | 31 |
| 3.1.4 Data Jumlah Hari Kerja | 31 |
| 3.1.5 Data Penjualan | 32 |
| 3.1.6 Data Pemakaian dan Kapasitas Gudang Bahan Baku | 32 |
| 3.1.7 Data Jumlah Produksi yang Memenuhi Batasan BEP | 35 |
| 3.2 Pengolahan Data | 36 |
| 3.2.1 Penentuan Fungsi Tujuan | 36 |
| 3.2.2 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Pertama | 37 |
| 3.2.3 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Kedua | 47 |
| 3.2.4 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Ketiga | 48 |
| 3.2.5 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Keempat | 66 |
| 3.2.6 Penentuan Model Perencanaan Produksi | 67 |
| 3.2.7 Penyelesaian Model <i>Linear Programming</i> | 70 |
| 3.2.8 Penyelesaian Model <i>Integer Programming</i> | 72 |
| 4. ANALISIS | 75 |
| 4.1 Analisis Perencanaan Produksi Saat Ini | 75 |
| 4.2 Analisis Perencanaan Produksi dengan <i>Integer Programming</i> | 75 |
| 4.3 Analisis Sensitivitas Perencanaan Produksi | 79 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 81 |
| 5.1 Kesimpulan | 81 |
| 5.2 Saran | 82 |
| DAFTAR REFERENSI | 83 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabel 2.1. | Ukuran Statistik Parameter Kesalahan | 21 |
| Tabel 3.1. | Laba dari Setiap Penjualan <i>Pumping Unit</i> | 27 |
| Tabel 3.2. | Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C25 | 28 |
| Tabel 3.3. | Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 29 |
| Tabel 3.4. | Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C228 | 30 |
| Tabel 3.5. | Data Jumlah Tenaga Kerja Produksi <i>Pumping Unit</i> | 31 |
| Tabel 3.6. | Data Waktu Kerja Tersedia Tahun 2010 | 31 |
| Tabel 3.7. | Total Penjualan <i>Pumping Unit</i> Periode Tahun 2007-2010 | 32 |
| Tabel 3.8. | Data Pemakaian Bahan untuk Tiap Jenis <i>Pumping Unit</i> | 32 |
| Tabel 3.9. | Kapasitas Gudang | 35 |
| Tabel 3.10. | Jumlah Produksi Minimum | 36 |
| Tabel 3.11. | Pengelompokkan Data Waktu Kecepatan Rata-Rata Operasi Perakitan <i>Pitman</i> (S1) dalam Sub Grup | 37 |
| Tabel 3.12. | Uji Kecukupan Data Waktu Siklus Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C25, C114, dan C228 | 39 |
| Tabel 3.13. | Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C25 | 40 |
| Tabel 3.14. | Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 41 |
| Tabel 3.15. | Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan <i>Pumping Unit</i> Tipe C228 | 42 |
| Tabel 3.16. | <i>Allowance</i> Tiap Stasiun Kerja | 43 |
| Tabel 3.17. | Waktu Normal dan Waktu Standar pada Setiap Stasiun Kerja | 46 |
| Tabel 3.18. | Ketersediaan Jam Kerja Orang Bulan September-Desember 2010 ... | 47 |
| Tabel 3.19. | Perhitungan Parameter Peramalan Metode Konstan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 53 |
| Tabel 3.20. | Perhitungan Parameter Peramalan Metode Linier <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 54 |
| Tabel 3.21. | Perhitungan Parameter Fungsi Persamaan Peramalan Metode Linier <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 55 |
| Tabel 3.22. | Perhitungan Parameter Peramalan Metode Kuadratis <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 56 |
| Tabel 3.23. | Perhitungan Parameter Fungsi Persamaan Peramalan Metode Kuadratis <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 57 |
| Tabel 3.24. | Perhitungan MSE Metode Konstan untuk <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 60 |
| Tabel 3.25. | Perhitungan MSE Metode Linier untuk <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 61 |
| Tabel 3.26. | Perhitungan MSE Metode Kuadratis untuk <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 62 |
| Tabel 3.27. | Perhitungan MSE Metode Pemulusan Eksponensial untuk <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 63 |
| Tabel 3.28. | Perhitungan Hasil Verifikasi Peramalan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 ... | 64 |

| | |
|--|----|
| Tabel 3.29. Hasil Peramalan <i>Pumping Unit</i> Tipe C25, C114, dan C228..... | 66 |
| Tabel 3.30. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan September 2010..... | 67 |
| Tabel 3.31. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan Oktober 2010..... | 68 |
| Tabel 3.32. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan November 2010..... | 69 |
| Tabel 3.33. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan Desember 2010..... | 70 |
| Tabel 3.34. Rekapitulasi Penentuan Jumlah Produksi dengan Model <i>Integer Programming</i> | 70 |
| Tabel 4.1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan dengan <i>Integer Programming</i> | 77 |
| Tabel 4.2. Perbandingan Ketersediaan Sumber Daya di Perusahaan dengan Pemakaian Sumber Daya Berdasarkan <i>Integer Programming</i> | 77 |
| Tabel 4.3. Perubahan Maksimum Kapasitas | 80 |

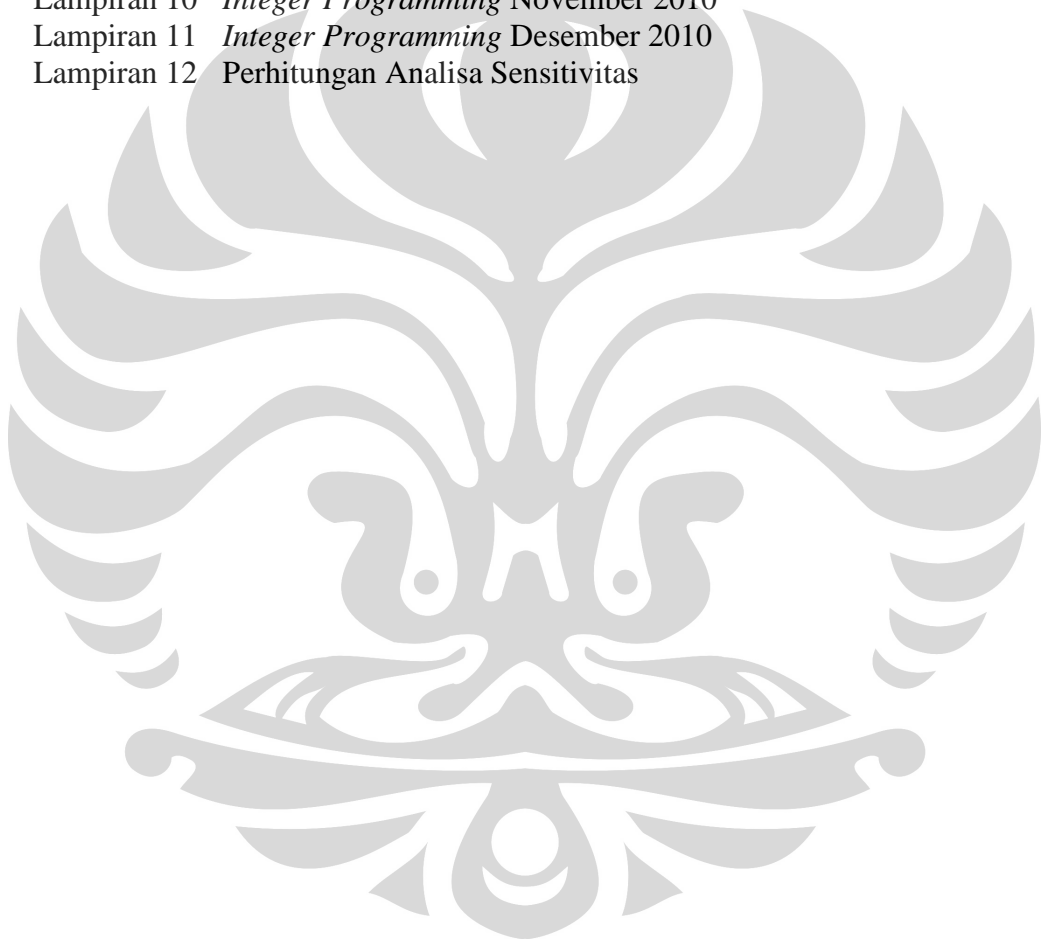


DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 1.1. | Diagram Keterkaitan Masalah..... | 2 |
| Gambar 1.2. | Diagram Alir Metodologi Penelitian..... | 5 |
| Gambar 2.1. | Peta Kontrol Uji Keseragaman Data | 12 |
| Gambar 2.2. | Bagan Perhitungan Waktu Kerja..... | 13 |
| Gambar 2.3. | Pembagian Daerah A, B, dan C pada Peta <i>Moving Range</i> | 22 |
| Gambar 3.1. | <i>Control Chart</i> Uji Keseragaman | 38 |
| Gambar 3.2. | Diagram Pencar Penjualan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 Januari 2007- Agustus 2010..... | 49 |
| Gambar 3.3. | Perhitungan Parameter Peramalan Metode Dekomposisi MSE <i>Pumping Unit</i> Tipe C114..... | 58 |
| Gambar 3.4. | <i>Moving Range Chart</i> Peramalan Penjualan <i>Pumping Unit</i> Tipe C114 | 65 |
| Gambar 3.5. | Model <i>Linear Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 71 |
| Gambar 3.6. | Penyelesaian Model <i>Linear Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 71 |
| Gambar 3.7. | Hasil Penyelesaian Model <i>Linear Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 72 |
| Gambar 3.8. | Model <i>Integer Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 73 |
| Gambar 3.9. | Penyelesaian Model <i>Integer Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 73 |
| Gambar 3.10. | Hasil Penyelesaian Model <i>Integer Programming</i> dengan Software <i>LINGO12</i> | 74 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel *Allowance* Berdasarkan Literatur
- Lampiran 2 Peramalan *Pumping Unit* Tipe C25
- Lampiran 3 Peramalan *Pumping Unit* Tipe C228
- Lampiran 4 *Linear Programming* September 2010
- Lampiran 5 *Linear Programming* Oktober 2010
- Lampiran 6 *Linear Programming* November 2010
- Lampiran 7 *Linear Programming* Desember 2010
- Lampiran 8 *Integer Programming* September 2010
- Lampiran 9 *Integer Programming* Oktober 2010
- Lampiran 10 *Integer Programming* November 2010
- Lampiran 11 *Integer Programming* Desember 2010
- Lampiran 12 Perhitungan Analisa Sensitivitas



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya persaingan dunia industri saat ini, perusahaan dituntut untuk memiliki keunggulan kompetitif agar dapat bertahan di tingkat nasional maupun tingkat internasional. Salah satu cara yang ditempuh adalah membuat perencanaan produksi dengan tepat. Perencanaan produksi berhubungan dengan penentuan volume produksi, ketepatan waktu penyelesaian, dan utilisasi sumber daya yang tersedia. Dengan perencanaan yang tepat, proses produksi dapat berjalan efisien dan efektif. Hal ini berdampak pada peningkatan laba perusahaan.

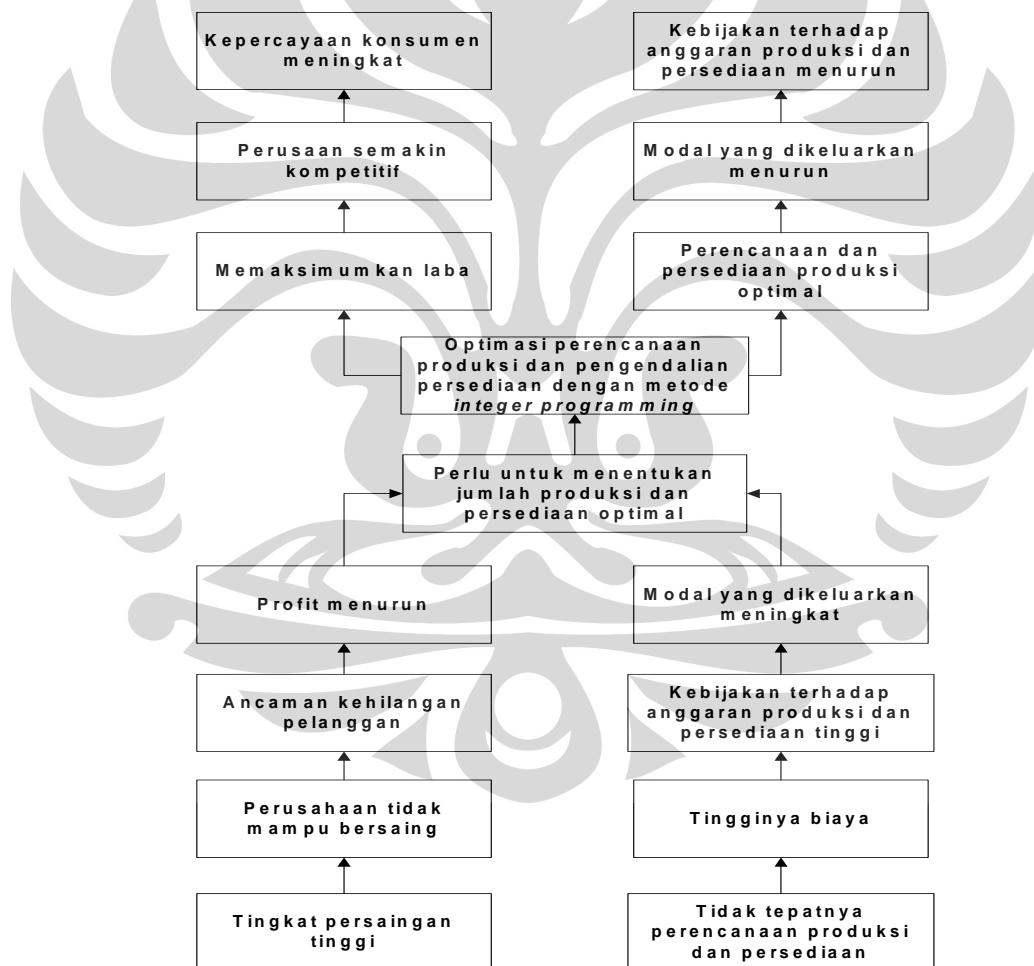
Produsen *Pumping Unit* merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan *oil and gas equipment*. Saat ini, penentuan volume produksi dibuat berdasarkan keputusan manajer produksi dan pemasaran dengan melihat pola data masa lalu, data proyek jangka panjang yang sedang terjadi, dan melakukan peramalan kuantitatif sesuai dengan pola data. Seperti yang diketahui, bahwa hasil interpretasi peramalan tidak akan terlalu jauh berbeda dengan pola data permintaan tahun sebelumnya. Namun terjadi pergeseran permintaan sebesar 178 unit dari tahun 2007 menjadi 591 unit pada tahun 2008 untuk tipe C114 dan penurunan dari 12 unit menjadi 3 unit pada tahun yang sama untuk tipe C228. Oleh karena itu, perencanaan produksi pada perusahaan ini kurang akurat mengingat adanya fluktuasi permintaan yang tidak menentu. Di satu sisi, ketika permintaan menurun maka kontinuitas pemenuhan kebutuhan permintaan terjamin, namun berakibat pada tingginya biaya investasi persediaan barang. Di sisi lain, ketika permintaan meningkat maka perusahaan mengalami kekurangan produksi sehingga permintaan tidak dapat dipenuhi. Hal ini menyebabkan hilangnya penjualan dan menurunnya laba perusahaan. Dalam jangka yang panjang menyebabkan hilangnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

Keputusan volume produksi yang dibuat juga belum mempertimbangkan keterbatasan perusahaan dalam hal kapasitas tenaga kerja dan ketersediaan bahan secara optimal. Dalam hal ini bahan baku misalnya, perusahaan tidak dapat

memproduksi jenis tertentu karena bahan baku tidak tersedia dan masih menunggu pengiriman. Dengan mengacu pada uraian tersebut, maka perusahaan perlu melakukan pembenahan dalam perencanaan produksinya dalam hal menetapkan jumlah produksi optimal untuk tiap jenis *pumping unit*. Hal ini dilakukan dengan memperhatikan kapasitas tenaga kerja, ketersediaan bahan baku, target produksi sesuai dengan peramalan permintaan dan jumlah produksi minimum yang ditetapkan perusahaan.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Dari latar belakang masalah yang terjadi di Produsen *Pumping Unit* berikut adalah diagram keterkaitan masalah yang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Tidak tepatnya penentuan jumlah produksi yang sangat berpengaruh pada pencapaian laba perusahaan. Maka yang menjadi pokok permasalahan adalah mengoptimalkan perencanaan dan persediaan produksi untuk memaksimalkan laba perusahaan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan sebuah rencana produksi optimal untuk memaksimalkan laba perusahaan. Adapun sasaran yang hendak dicapai dari penelitian ini:

1. Membuat sebuah model rencana produksi optimal, dimana fungsi tujuannya adalah memaksimalkan laba dengan variabel keputusan jumlah produksi optimal untuk tiap jenis *pumping unit*.
2. Membuat susunan kendala dalam mencapai fungsi tujuan. Kendala yang dimaksud adalah kapasitas tenaga kerja, ketersediaan bahan baku, target produksi, dan pencapaian *break even point* (BEP) perusahaan. Dalam hal ini kapasitas tenaga kerja tercakup dalam waktu baku penyelesaian produk, ketersediaan bahan baku diperoleh dengan mencatat data perusahaan, target produksi diperoleh dengan melakukan peramalan permintaan sedangkan pencapaian BEP diperoleh dari data jumlah produksi minimum yang ditetapkan perusahaan sehingga *break even point* (BEP) perusahaan tercapai.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Penelitian dilakukan di Produsen *Pumping Unit*.
2. Aliran produksi berasal dari dua lini, yaitu gudang bahan baku dan lini produksi.
3. Data penjualan yang digunakan untuk peramalan permintaan adalah data penjualan 4 tahun terakhir sebelum periode pengamatan.

4. Bahan yang menjadi kendala adalah pelat $T = 4,5$ mm, *roller bearing* (RB) $\emptyset = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) $400 \times 200 \times 8 \times 13$. Hal ini dilakukan karena bahan baku tersebut memiliki biaya simpan yang tinggi, dan harus menunggu pengiriman.
5. Fungsi tujuan memaksimalkan laba perusahaan.
6. Fungsi kendala yang dibahas adalah kapasitas tenaga kerja, ketersediaan bahan, jumlah permintaan dan jumlah produksi yang ditetapkan perusahaan.

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan adalah:

1. Tidak terjadi perubahan terhadap sistem produksi dan urutan proses produksi selama penelitian dilakukan.
2. Harga jual, harga bahan baku, dan biaya produksi lain tidak berubah selama penelitian dilakukan.
3. Operator bekerja di setiap proses memiliki kemampuan kerja normal.
4. Kondisi mesin dan peralatan dalam keadaan siap pakai ketika penelitian dilakukan.
5. Sisa bahan baku di setiap akhir periode diabaikan selama penelitian dilakukan.

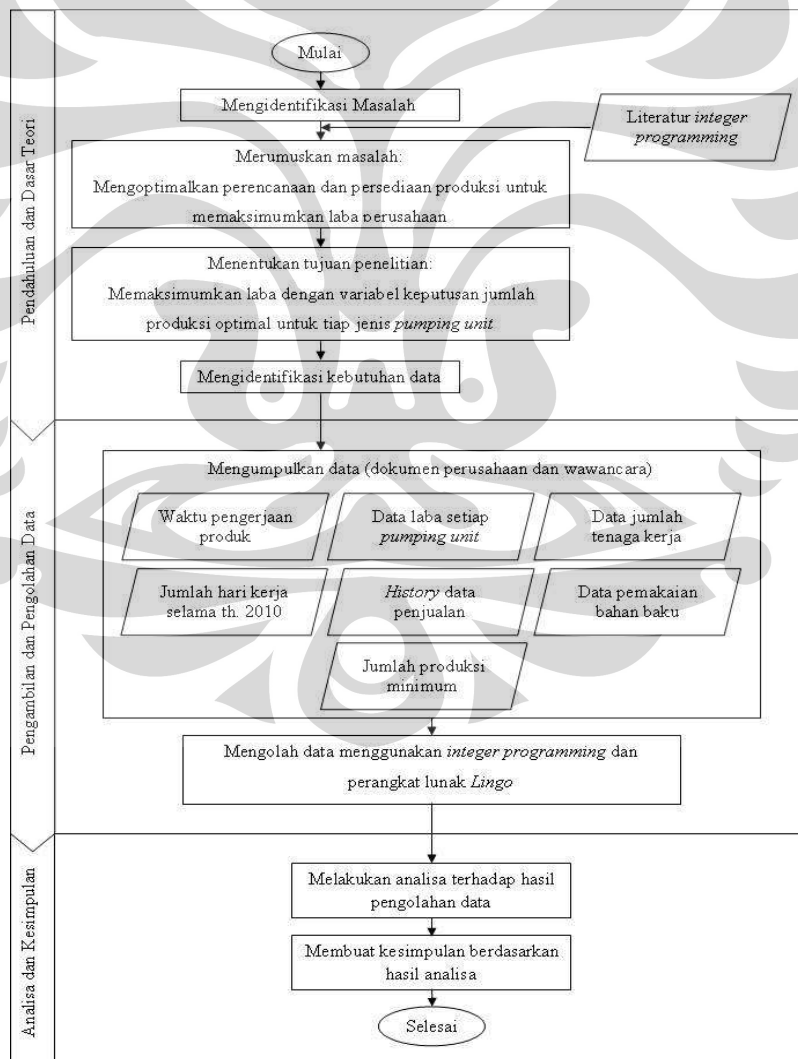
1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur yang berisi tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Tiap tahapan merupakan bagian yang menentukan tahapan selanjutnya sehingga harus dilalui dengan cermat.

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

1. Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di Produsen *Pumping Unit*.
2. Mengumpulkan dan menyusun studi literatur yang berkaitan dengan masalah yang telah teridentifikasi. Literatur utama yang digunakan dalam penelitian ini mengenai *integer programming*.
3. Menentukan tujuan penelitian.

4. Mengidentifikasi dan mengumpulkan data yang dibutuhkan, melalui dokumen perusahaan, wawancara dengan pekerja atau staf ahli, dan berdasarkan literatur meliputi data laba dari setiap jenis *pumping unit*, data jumlah tenaga kerja, jumlah hari kerja tiap bulan selama tahun 2010, penjualan selama 4 tahun terakhir sebelum periode pengamatan, data pemakaian bahan dan kapasitas gudang, dan jumlah produksi minimum.
5. Mengolah data menggunakan *integer 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 dasar 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 tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian, meliputi tingkat persediaan bahan baku, program linear, dan penjelasan singkat perangkat lunak *Lingo*. Secara umum pembahasan difokuskan pada penentuan jumlah produksi dan teknik pencarian solusi menggunakan *integer 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 saluran, yaitu gudang bahan baku dan lini produksi di Produsen *Pumping Unit*.

Bab keempat adalah pengolahan data dan analisis. Untuk memperoleh tingkat optimal persediaan, data akan diolah menggunakan metode *integer 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.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Produksi

Produksi dapat diartikan sebagai suatu rangkaian proses yang mengubah bahan baku menjadi suatu produk jadi yang memiliki nilai lebih tinggi. Dalam perencanaan produksi ditentukan sumber-sumber yang diperlukan untuk melaksanakan proses produksi serta mengalokasikan sumber-sumber tersebut untuk menghasilkan produk dalam jumlah dan kualitas yang diharapkan dengan biaya yang serendah mungkin.

Dalam penjabaran lebih lanjut, maka rencana produksi diuraikan menjadi proses apa yang harus dikerjakan, siapa pelaksananya, kapan, dimana, dan perkiraan biaya yang ditimbulkannya. Adapun tujuan perencanaan produksi adalah sebagai berikut:

1. Sebagai langkah awal menentukan aktivitas produksi, yaitu sebagai referensi perencanaan lebih rinci.¹
2. Sebagai masukan rencana sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dapat dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi.²
3. Stabilisasi produksi dan tenaga kerja terhadap fluktuasi permintaan.³

Perencanaan produksi harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Berjangka waktu, proses produksi merupakan proses yang sangat kompleks. Oleh karena itu, suatu perusahaan tidak mungkin dapat membuat jadwal yang dapat digunakan selamanya. Rencana baru harus dibuat bila keadaan yang digunakan sebagai dasar pembuatan rencana yang lama sudah berubah.
2. Berjenjang, perencanaan produksi bertingkat dari level tinggi sampai perencanaan produksi level rendah, dimana perencanaan level rendah merupakan penjabaran dari perencanaan level tinggi. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan membuat rencana produksi yang mencakup periode waktu tertentu, yakni jangka panjang, menengah, dan pendek.

¹ Rosnani Ginting, *Sistem Produksi*, Surabaya: Graha Ilmu., 2007, h. 70.

² Rosnani Ginting, *Sistem Produksi*, Surabaya: Graha Ilmu., 2007, h. 70.

³ Rosnani Ginting, *Sistem Produksi*, Surabaya: Graha Ilmu., 2007, h. 70.

3. Terpadu, perencanaan produksi melibatkan banyak faktor, dimana semua faktor tersebut harus sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan dalam mencapai target produksi tertentu. Masing-masing faktor harus direncanakan secara bersamaan dan terpadu.
4. Berkelanjutan, jika perencanaan produksi telah habis untuk satu periode tertentu, maka harus dibuat perencanaan produksi untuk periode berikutnya. Rencana baru tersebut harus menjadi lanjutan dari rencana sebelumnya.
5. Terukur, untuk mengetahui ada atau tidaknya penyimpangan. Maka rencana produksi harus menetapkan suatu nilai yang dapat diukur. Nilai tersebut dapat berupa target produksi dalam unit, kg, lusin, dan lain-lain.
6. Realistis, rencana produksi harus disesuaikan dengan kondisi yang ada di perusahaan, sehingga target yang ditetapkan merupakan nilai yang realistik untuk dicapai.
7. Akurat, perencanaan produksi harus dibuat berdasarkan informasi yang akurat tentang kondisi internal dan eksternal perusahaan sehingga rencana produksi tersebut dapat dipertanggung jawabkan.
8. Menantang, meskipun rencana produksi harus realistis bukan berarti target yang ditetapkan harus mudah dicapai. Rencana produksi harus menetapkan target yang dapat dicapai dengan sungguh-sungguh.

2.2 Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu kerja berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan. Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem terbaik. Pada awalnya, pengukuran waktu banyak dimanfaatkan untuk perhitungan insentif (bonus) bagi pekerja. Namun demikian, dalam perkembangannya pengukuran waktu dapat dimanfaatkan lebih jauh untuk berbagai hal antara lain:

1. Melakukan penjadwalan dan perencanaan kerja.⁴
2. Menentukan besar ongkos produksi dan upaya persediaan *budget*.⁵

⁴ Barnes, *Motion and Time Study*, 7th Edition, USA: John Willey and Sons, 1980, h. 257, 259.

3. Membuat perkiraan harga produk sebelum produksi.⁶
4. Menentukan jumlah mesin atau peralatan yang diperlukan dan jumlah operator pada tiap mesin sehingga menjadi informasi dalam penyeimbangan lintasan.⁷
5. Menentukan waktu standar yang akan digunakan dalam penentuan sistem pembayaran tenaga kerja langsung atau tak langsung.⁸

2.2.1 Teknik-Teknik Pengukuran Waktu

Ada 2 macam teknik pengukuran waktu, yaitu:

1. Teknik pengukuran waktu langsung.

Dalam teknik ini pengukuran yang dilakukan secara langsung, yaitu tempat dimana pekerjaan yang diukur dilaksanakan. Pengukuran waktu langsung ada 2 jenis, yaitu dengan menggunakan jam henti atau *stopwatch* dan dengan mengambil *sampling* pekerjaan.

2. Teknik pengukuran waktu tidak langsung.

Merupakan pengukuran yang dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan, yaitu dengan membaca tabel-tabel yang tersedia, dengan persyaratan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen-elemen pekerjaan atau elemen-elemen gerakan. Yang termasuk dalam pengukuran waktu tidak langsung adalah:

- a. Data waktu baku.
- b. Data waktu gerakan yang terdiri dari, *work factor system*, *maynard operation sequence time* (MOST), dan *motion time measurement* (MTM).

2.2.2 Pengukuran Waktu Jam Henti

Pengukuran waktu jam henti pertama kali diperkenalkan oleh F. W. Taylor sekitar abad 19 lalu. Sesuai dengan namanya, maka pengukuran waktu ini menggunakan jam henti (*stopwatch*) sebagai alat utamanya. Cara ini merupakan cara yang paling banya dikenal dan digunakan. Salah satu cara karena

⁵ Barnes, *Motion and Time Study*, 7th Edition, USA: John Willey and Sons, 1980, h. 257, 259.

⁶ Barnes, *Motion and Time Study*, 7th Edition, USA: John Willey and Sons, 1980, h. 257, 259.

⁷ Barnes, *Motion and Time Study*, 7th Edition, USA: John Willey and Sons, 1980, h. 257, 259.

⁸ Barnes, *Motion and Time Study*, 7th Edition, USA: John Willey and Sons, 1980, h. 257, 259.

kesederhanaan aturan dan cara pengukuran yang dipakai. Namun, tidak semua sistem kerja sesuai dengan pengukuran waktu jam henti ini. Adapun kriteria yang sesuai adalah:

1. Pekerjaan harus dilakukan secara berulang-ulang dan sejenis⁹.
2. Jenis atau isi pekerjaan bersifat homogen¹⁰.
3. Hasil kerja atau output harus dapat dihitung secara nya (kuantitatif) baik secara keseluruhan maupun untuk tiap elemen kerja yang berlangsung¹¹.
4. Pekerjaan tersebut cukup banyak dilaksanakan dan teratur sifatnya sehingga akan memadai untuk diukur dan dihitung waktunya¹².

2.2.3 Langkah-Langkah Sebelum Melakukan Pengukuran

Untuk memperoleh hasil pengukuran waktu yang dapat dipertanggung jawabkan, maka ditempuh langkah-langkah untuk memperoleh hasil pengukuran yang optimal adalah:

1. Menetapkan tujuan pengukuran.
 Dalam pengukuran waktu hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, berapa tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan dalam pengukuran tersebut.
2. Melakukan penelitian pendahuluan.
 Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kondisi yang bersangkutan misalnya adalah mengenai kondisi lingkungan kerja. Bila kondisi baik maka pengukuran waktu bisa dilakukan, bila tidak baik maka harus diperbaiki dulu.
3. Memilih operator.
 Operator akan melakukan pekerjaan yang diukur harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan dengan baik dan dapat diandalkan hasilnya. Syarat-syarat tersebut, yaitu berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama.

⁹ W. Sritomo, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya : Penerbit Guna Widya, h. 169.

¹⁰ W. Sritomo, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya : Penerbit Guna Widya, h. 169.

¹¹ W. Sritomo, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya : Penerbit Guna Widya, h. 169.

¹² W. Sritomo, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya : Penerbit Guna Widya, h. 169.

4. Melatih operator.

Bila kondisi dan cara yang digunakan tidak sama dengan yang biasa dijalankan operator maka diperlukan pelatiba bagi operator tersebut.

5. Menguraikan pekerjaan atas elemen-elemen kerja.

Pekerjaan ini dipecah-pecah menjadi elemen pekerjaan (gerakan bagian dari pekerjaan yang bersangkutan) dimana elemen-elemen inilah yang diukur waktunya. Penguraian pekerjaan atas elemen-elemen pekerjaan perlu dilakukan dengan alasan-alasan sebagai berikut:

- a. Cara terbaik menggambarkan suatu operasi adalah dengan membagi ke dalam elemen-elemen kerja yang lebih detail dan mampu untuk diukur dengan mudah secara terpisah.
- b. Besarnya waktu baku bisa ditetapkan berdasarkan elemen-elemen pekerjaan yang ada. Dengan mengetahui waktu baku untuk elemen-elemen kerja, maka kemungkinan untuk menetapkan total waktu baku untuk suatu operasi kerja.
- c. Dengan membagi ke dalam elemen-elemen kerja, maka dapat dianalisis waktu-waktu yang berlebihan untuk tiap elemen kerja atau waktu yang terlalu singkat untuk elemen kerja yang lain. Demikian juga analisis yang dibuat untuk satu elemen kerja bisa melihat adanya perbedaan kecil dari metode kerja yang diaplikasikan, dimana hal ini tidak akan mudah jika dilakuka analisis studi untuk operasi secara keseluruhan.
- d. Seorang operator bisa jadi akan bekerja berbeda-beda pada setiap siklus yang berlangsung. Dengan membagi ke dalam elemen kerja maka *performance rating* dapat diaplikasikan untuk tiap elemen kerja.

6. Menyiapkan alat-alat pengukuran.

Ini merupakan langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran dimana alat-alat pengukuran yang diperlukan harus disiapkan. Alat-alat tersebut, yaitu jam henti (*stopwatch*) untuk menghitung waktu siklus, lembar pengamatan untuk tempat mencatat waktu siklus, pena atau pensil sebagai alat tulis dan papan pengamatan sebagai alat bantu dalam menuliskan hasil pengukuran.

2.2.4 Melakukan Pengukuran Waktu

Ada 3 metode yang umum digunakan untuk mengukur waktu siklus dengan menggunakan jam henti, yaitu:

1. *Continuous timing*, tombol jam henti ditekan pada saat elemen kerja pertama dimulai dan membiarkan jarum petunjuk jam henti berjalan secara terus-menerus sampai siklus kerja selesai. Pengamat akan mengamati dan mencatat waktu selesai dilaksanakan.
2. *Repetitive timing*, jarum jam henti akan dikembalikan ke titik nol setiap akhir elemen kerja yang diukur. Setelah waktu dicatat, tombol jam henti ditekan kembali untuk mengukur elemen kerja berikutnya.
3. *Accumulative timing*, cara ini menggunakan 2 atau 3 jam henti yang digunakan secara bergantian sehingga setiap elemen kerja yang berlangsung dapat diukur.

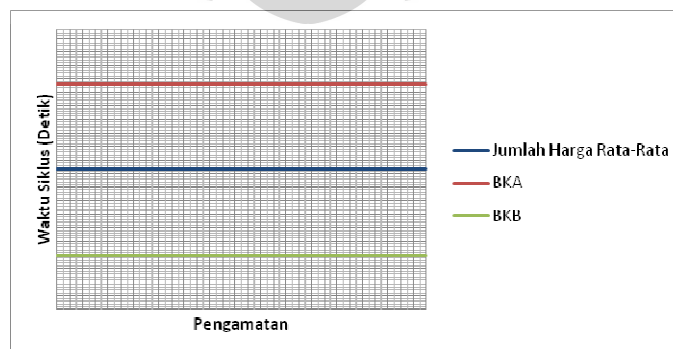
2.2.5 Pengujian Data Waktu

2.2.5.1 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk melihat apakah data yang diperoleh sudah seragam atau tidak, dapat dilaksanakan dengan mengaplikasikan peta kontrol (*control chart*). Peta kontrol (*control chart*) adalah suatu alat yang tepat guna dalam menguji keseragaman data yang diperoleh dari hasil pengamatan. Batas kontrol atas dan batas kontrol bawah untuk tiap grup data dapat dicari dengan formulasi:

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma\bar{x} \quad (2.1)$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma\bar{x} \quad (2.2)$$



Gambar 2.1. Peta Kontrol Untuk Uji Keseragaman Data

2.2.5.2 Uji Kecukupan Data

Berguna untuk memastikan bahwa jumlah sampel yang telah dikumpulkan telah cukup mewakili populasi, sehingga dapat digunakan bagi pengolahan data selanjutnya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$N = \left(\frac{\left(\frac{k}{s} \right) \sqrt{n \sum_{i=1}^m t_i^2 - (\sum_{i=1}^m t_i)^2}}{\sum_{i=1}^m t_i} \right)^2 \quad (2.3)$$

Keterangan:

N = jumlah siklus pengamatan atau pengukuran yang seharusnya dilaksanakan.

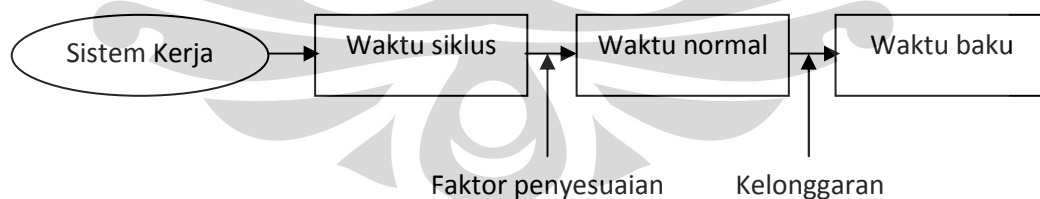
k = angka deviasi standar yang besarnya tergantung pada tingkat keyakinan yang diambil.

s = derajat ketelitian dari data t yang dikehendaki, yang menunjukkan maksimum penyimpangan yang bisa diterima dari nilai t yang sebenarnya.

n = jumlah siklus pengamatan atau pengukuran awal yang telah dilakukan untuk elemen kegiatan tertentu yang dipilih.

Jumlah pengukuran waktu dikatakan cukup apabila jumlah pengukuran minimum secara teoritis lebih kecil atau sama dengan jumlah pengukuran pendahuluan yang sudah dilakukan ($N' \leq N$). Jika jumlah pengukuran masih belum mencukupi, maka harus dilakukan pengukuran lagi sampai jumlah pengukuran tersebut cukup.

2.2.6 Perhitungan Waktu



Gambar 2.2. Bagan Perhitungan Waktu Kerja

Dengan melihat bagan, maka dapat diketahui bahwa:

1. Waktu siklus adalah waktu hasil pengamatan secara langsung yang tertera dalam *stopwatch*.
2. Waktu normal adalah waktu siklus dengan telah mempertimbangkan penyesuaian.

3. Waktu baku adalah waktu normal dengan mempertimbangkan faktor kelonggaran (*allowance*).

Dengan rumus:

$$W_b = W_n \times (1 + allowance) \quad (2.4)$$

Dimana:

$$W_n = W_s \times p \quad (2.5)$$

Keterangan:

W_b = Waktu baku

W_n = Waktu normal

W_s = Waktu siklus

p = faktor penyesuaian

2.2.7 Penyesuaian dan Kelonggaran

2.2.7.1 Penyesuaian

Penyesuaian adalah suatu proses dimana pada saat melakukan pengukuran, pengamat mengukur dan membandingkan performansi kerja operator terhadap konsep kecepatan kerja yang dimiliki oleh pengamat mengenai performansi normal. Untuk memudahkan pemilihan konsep wajar, seorang pengukur dapat mempelajari bagaimana bekerjanya seorang operator yang dianggap normal, yaitu jika seorang operator bekerja tanpa usaha-usaha yang berlebihan sepanjang hari bekerja, menguasai cara kerja yang ditetapkan, dan menunjukkan kesungguhan dalam menjalankan kegiatannya.

Biasanya penyesuaian dilakukan dengan mengalihkan waktu siklus rata-rata dengan suatu harga p yang disebut faktor penyesuaian. Harga penyesuaian (p) = 1 berarti bahwa operator bekerja dengan wajar berdasarkan pendapat pengukur, namun jika $p > 1$ itu berarti pengukur berpendapat bahwa operator bekerja di atas batas kewajaran atau terlalu cepat dan sebaliknya, jika operator $p < 1$. Selain hal tersebut di atas, ada juga beberapa cara menentukan faktor penyesuaian.

1. Cara persentase.

Dalam hal ini faktor penyesuaian ditentukan oleh pengukur berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama melakukan pengukuran. Oleh karena itu, cara ini merupakan cara yang paling mudah dan sederhana, namun

penilaiannya masih kasar. Misalnya, pengukur berpendapat bahwa $p = 110\%$, jika waktu siklusnya 14,6 menit. Maka $W_n = 14,6 \times 1,1 = 16,6$ menit.

2. Cara *Shumard*.

Cara ini didasarkan kepada kelas-kelas performansi kerja yang akan menjadi penentu dalam penilaian dengan setiap kelas mempunyai nilai-nilai sendiri.

3. Cara *Westinghouse*.

Cara ini mengarahkan penilaian pada 4 faktor yang dianggap sangat menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja, yaitu:

- a. Keterampilan atau *skill*.
- b. Usaha.
- c. Kondisi kerja.
- d. Konsistensi.

4. Cara obyektif.

Kecepatan kerja dan tingkat kesulitan pekerjaan menjadi perhatian utama dalam cara ini karena kedua faktor ini dipandang secara bersama-sama menentukan berapa besarnya harga p untuk mendapatkan waktu normal.

5. Cara *Bedaux*.

Cara ini dilakukan hampir sama dengan cara *Shumard*, hanya saja nilai-nilai pada cara *Bedaux* dinyatakan dalam "B", misalnya 60 B.

6. Cara sintesa.

Cara ini mengevaluasi performansi kerja operator berdasarkan nilai waktu yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Prosedur yang dilakukan adalah dengan melaksanakan pengukuran kerja seperti biasanya dan membandingkan waktu yang diukur dengan waktu penyelesaian waktu kerja yang sebelumnya sudah diketahui data waktunya.

2.2.7.2 Kelonggaran

Kelonggaran pada dasarnya adalah suatu faktor koreksi yang harus diberikan kepada waktu kerja operator, karena dalam melakukan pekerjaannya operator bisa terganggu oleh hal-hal yang tidak diinginkan, namun sifatnya alamiah.

Kelonggaran diberikan untuk 3 hal, yaitu kelonggaran untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan hambatan-hambatan yang tidak bisa dihindarkan, dimana ketiga hal tersebut secara nyata dibutuhkan oleh pekerja selama melakukan pekerjaannya.

1. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi.

Kebutuhan pribadi adalah hal-hal seperti minum sekadarnya untuk menghilangkan rasa haus, ke kamar kecil, bercakap-cakap dengan teman sekerja sekedar untuk menghilangkan ketegangan ataupun kejemuhan dalam kerja. Dimana kebutuhan-kebutuhan seperti ini mutlak dibutuhkan dan dilakukan oleh pekerja.

2. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa *fatigue*.

Rasa *fatigue* tercermin dari menurunnya jumlah maupun kualitas hasil produksi. Untuk itu pekerja harus diberi kesempatan untuk beristirahat sekadarnya (*stretching*), bahkan bila perlu pergi ke luar ruangan kerja untuk menghilangkan kelelahan.

3. Kelonggaran untuk hambatan-hambatan tak terhindarkan.

Hambatan-hambatan tak terhindarkan terjadi di luar kekuasaan pekerja untuk mengendalikannya, yang termasuk ke dalam hambatan-hambatan yang tak terhindarkan, yaitu menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas, melakukan penyesuaian kepada pengawas, listrik padam, peralatan rusak, serta gangguan-gangguan kerja lainnya.

2.3 Peramalan

Peramalan merupakan seni dan ilmu memprediksi peristiwa-peristiwa masa depan. Peramalan memerlukan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa model matematis¹³. Prinsip yang harus dipegang dalam peramalan antara lain:

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.

¹³ Barry Render, *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*, Penerbit Salemba Empat, 2001, h. 46.

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.

2.3.1 Metode Peramalan

Secara umum peramalan diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

1. Peramalan yang bersifat subjektif.

Peramalan ini lebih menekankan pada keputusan-keputusan hasil diskusi, pendapat pribadi seseorang, dan intuisi, yang meskipun kelihatannya kurang ilmiah tetapi dapat memberikan hasil yang baik. Metode ini contohnya metode Delphi dan metode penelitian pasar.

2. Peramalan yang bersifat objektif.

Merupakan prosedur peramalan yang mengikuti aturan-aturan matematis dan statistik dalam menunjukkan hubungan antara permintaan dengan satu atau lebih variabel yang mempengaruhinya. Peramalan obyektif juga mengasumsikan bahwa macam dari hubungan antara variabel-variabel bebas dengan permintaan akan berulang juga pada masa yang akan datang. Peramalan objektif terdiri atas dua metode, yaitu:

- a. Metode intrinsik.

Metode ini berdasarkan pada proyeksi permintaan historis tanpa mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi besarnya permintaan. Metode ini cocok untuk peramalan jangka pendek. Salah satu metode ini adalah metode deret waktu (*time series*).

- b. Metode ekstrinsik.

Metode ini mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang mungkin dapat mempengaruhi besarnya permintaan dimasa datang dalam model peramalannya. Metode ini lebih cocok untuk peramalan jangka panjang. Kelemahan metode ini adalah dalam hal mahalnnya biaya aplikasi dan

frekuensi perbaikan hasil peramalan yang rendah karena sulitnya menyediakan informasi perubahan faktor-faktor eksternal yang terukur. Salah satu bagian dari metode ini adalah metode regresi.

2.3.2 Analisis Deret Waktu (*Time Series*)

Peramalan dengan menggunakan deret waktu didasarkan pada pendugaan masa depan yang dilakukan dengan menggunakan waktu sebagai dasar peramalan. Tujuan metode peramalan deret waktu seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola dalam deret data tersebut ke masa depan. Metode ini mengasumsikan bahwa apa yang telah terjadi di masa lalu akan terjadi di masa yang akan datang.¹⁴

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola datanya. Pola data dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Pola horisontal, terjadi bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan atau stasioner terhadap nilai rata-ratanya.
2. Pola musiman, terjadi bilamana suatu deret data dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahunan, bulanan atau hari pada minggu tertentu).
3. Pola siklis, terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti berhubungan dengan siklus bisnis atau ekonomi.
4. Pola tren, terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan jangka panjang dalam data.

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk membuat fungsi peramalan dengan menggunakan metode *time series* adalah:

1. Mendefinisikan tujuan peramalan.
2. Membuat diagram pencar.
3. Memilih beberapa metode peramalan.
4. Menghitung nilai ramalan dan kesalahannya.
5. Memilih metode dengan kesalahan terkecil.
6. Verifikasi peramalan.

¹⁴ Makridakis dan Victor E. Mc. Gee, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi Kedua, Jakarta: Penerbit Erlangga, 198, h. 9-10.

Beberapa metode yang termasuk dalam analisis deret waktu adalah:

1. Metode pemulusan (*smoothing*)

Metode ini terdiri dari dua kelompok yaitu metode perataan (*moving average*), metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*). Perbedaan mendasar dari dua kelompok ini terletak pada pemberian bobot untuk data yang dipakai, yaitu:

a. Metode perataan (*moving average*)

$$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-(N-1)}}{N} \quad (2.6)$$

Dimana:

A_t = Permintaan aktual untuk periode t

N = Jumlah data permintaan

b. Metode perataan berbobot (*weighted moving average*)

$$WMA = \frac{\sum_{t=1}^m (A_{t-1} \times W_t)}{\sum_{t=1}^m W_t} \quad (2.7)$$

Dimana:

W_t = Bobot permintaan aktual pada periode ke-t, $t = 1, 2, 3, \dots, m$

A_{t-1} = Permintaan aktual untuk periode sebelumnya

c. Metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*)

Secara matematis, metode ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2.8)$$

Dimana:

F_t = Nilai ramalan untuk periode waktu t

F_{t-1} = Nilai ramalan untuk periode sebelumnya

A_{t-1} = Permintaan aktual untuk periode sebelumnya

α = Parameter/koefisien *smoothing*

$$\text{Nilai } \alpha = \frac{2}{N+1} \quad (2.9)$$

N = Jumlah data periode

2. Metode dekomposisi

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

3. 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:

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

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

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

2.3.3 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.

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*.

2.3.4 Verifikasi dan Pengendalian Peramalan

Verifikasi peramalan dilakukan guna mendapatkan hasil peramalan yang benar-benar mencerminkan data masa lalu dan sistem sebab akibat yang mendasari permintaan tersebut. Bentuk yang paling sederhana adalah peta kontrol peramalan yang disebut peta *moving range*.

$$MR = |(\hat{y}_t - y_t) - (\hat{y}_{t-1} - y_{t-1})| \quad (2.30)$$

$$\text{Rata-rata } moving \text{ range didefinisikan} : \overline{MR} = \frac{\sum_{t=1}^m MR_t}{n-1} \quad (2.31)$$

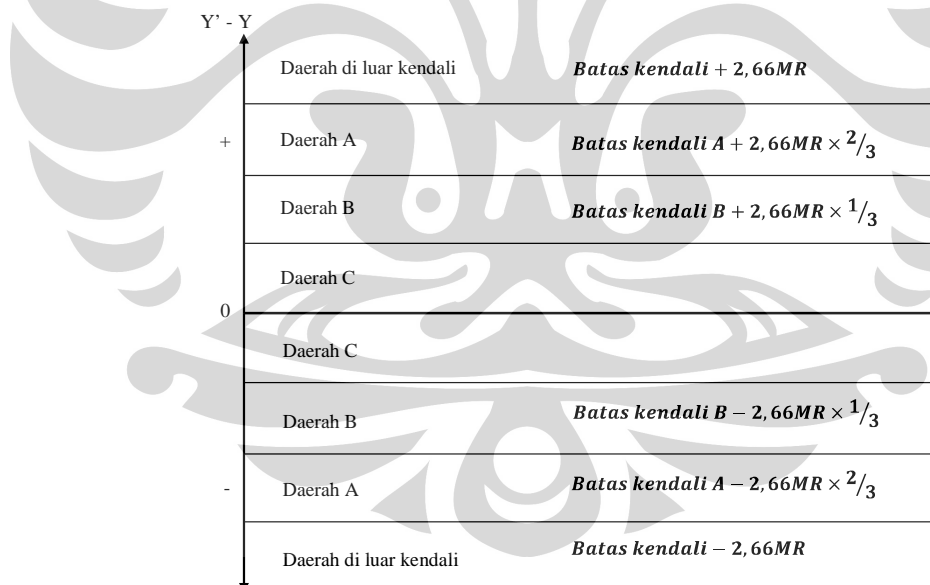
Garis tengah peta *moving range* : pada titik nol

$$\text{Batas kontrol atas peta } moving \text{ range} : BKA = +2,66\overline{MR} \quad (2.32)$$

$$\text{Batas kontrol bawah peta } moving \text{ range} : BKB = -2,66\overline{MR} \quad (2.33)$$

$$\text{Variabel yang diplot} : \Delta y_t = \hat{y}_t - y_t \quad (2.34)$$

Pada Gambar 2.3. menjelaskan pembagian daerah A, B, dan C pada peta *moving range*.



Gambar 2.3. Pembagian Daerah A, B, dan C pada Peta Moving Range

Kondisi *out of control* dapat diperiksa dengan menggunakan empat aturan berikut:

1. Aturan satu titik, bila ada titik sebaran ($Y' - Y$) berada di luar UCL dan LCL.
2. Aturan tiga titik, bila ada tiga buah titik secara berurutan berada pada salah satu sisi, yang mana dua diantaranya jatuh pada daerah A.

3. Aturan lima titik, bila ada lima buah titik secara berurutan berada pada salah satu sisi, yang mana empat diantaranya jatuh pada daerah B.
4. Aturan delapan titik, bila ada delapan buah titik secara berurutan berada pada salah satu sisi, pada daerah C.

2.4 Pemrograman Linier

Pemrograman linier adalah suatu model matematis yang berkarakteristik linier untuk menemukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan terhadap suatu susunan kendala.

2.4.1 Model Pemrograman Linier

Model adalah abstraksi atau penyederhanaan realitas sistem yang kompleks dimana hanya komponen-komponen yang relevan atau faktor-faktor yang dominan dari masalah yang dianalisis. Jadi, model merupakan sebuah tiruan terhadap realitas¹⁵. 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 keharusa, dituangkan ke dalam fungsi matematika berupa persamaan dengan tanda " $=$ ".

¹⁵ Siswanto, *Riset Operasi*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, 2006, h. 25, 29.

2.4.2 Bentuk Umum Model Pemrograman Linier

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimumkan/minimumkan: } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.35)$$

Terhadap fungsi kendala:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad (2.36)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2 \quad (2.37)$$

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n \leq b_i \quad (2.38)$$

$$X_j \geq 0 \quad (2.39)$$

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

2.4.3 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.

2.4.4 *Integer 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, yakni:

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*. Metode yang biasa diterapkan adalah metode percabangan dan pembatasan (*branch and bound*) serta algoritma bidang pemotong (*cutting plane*). Dari kepentingan praktisnya, metode *branch and bound* lebih sering digunakan.

2.4.5 Algoritma *Branch and Bound*

Branch and bound adalah sebuah metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal pemrograman linier yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat. Sesuai dengan namanya, metode ini membatasi penyelesaian

optimal yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan cara membuat cabang batas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru.¹⁶

Langkah kerja algoritma *branch and bound* untuk masalah maksimum adalah:

1. Penyelesaian model sebagai *linear programming* biasa dengan metode simpleks tanpa batasan *integer*.¹⁷
2. Meneliti solusi optimalnya, jika variabel yang diharapkan bernilai bulat telah memiliki nilai bulat maka solusi optimal telah tercapai. Tetapi jika tidak bernilai bulat maka dilanjutkan ke langkah 3.¹⁸
3. Nilai solusi desimal pada solusi yang layak dicabangkan ke dalam sub-sub masalah, tujuannya adalah untuk menghilangkan solusi kontinu yang tidak memenuhi persyaratan *integer*. Percabangan dilakukan melalui kendala *mutually exclusive* dengan tujuan agar tidak ada solusi *integer* layak yang diikutsertakan.¹⁹
4. Untuk setiap sub masalah, nilai solusi optimal kontinu fungsi tujuan ditetapkan sebagai batas atas. Solusi *integer* terbaik dijadikan batas bawah. Sub-sub masalah yang memiliki batas atas kurang dari batas bawah tidak diikutsertakan pada analisis selanjutnya. Demikian dilakukan percabangan sampai diperoleh solusi optimal *integer*.²⁰

¹⁶ Siswanto, *Riset Operasi*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, 2006, h. 25, 29.

¹⁷ Fien Zulfikarijah, *Operation Research*, Bayu Media, 2004, h. 249.

¹⁸ Fien Zulfikarijah, *Operation Research*, Bayu Media, 2004, h. 249.

¹⁹ Fien Zulfikarijah, *Operation Research*, Bayu Media, 2004, h. 249.

²⁰ Fien Zulfikarijah, *Operation Research*, Bayu Media, 2004, h. 249.

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Data Laba dari Setiap *Pumping Unit*

Setiap *pumping unit* yang dihasilkan Produsen *Pumping Unit* menghasilkan laba seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Laba dari Setiap Penjualan *Pumping Unit*

| No | <i>Pumping Unit</i> | Harga Penjualan | Biaya Produksi | Laba |
|----|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | C25 | \$ 13.475,00 /unit | \$ 8.624,00 /unit | \$ 4.851,00 /unit |
| 2 | C114 | \$ 26.007,14 /unit | \$ 16.644,57 /unit | \$ 9.362,57 /unit |
| 3 | C228 | \$ 61.500,00 /unit | \$ 39.360,00 /unit | \$ 22.140,00 /unit |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.2 Data Waktu Siklus Tenaga Kerja

Pengukuran waktu operasi dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*, waktu yang diambil adalah waktu siklus rata-rata tenaga kerja pada setiap stasiun kerja (S) yang dilakukan sebanyak 30 kali pengukuran. *Pumping unit* yang menjadi objek penelitian terdiri dari 3 jenis yakni C25, C114, dan C228. Operator yang diamati adalah operator yang telah mengetahui tujuan pengukuran waktu, bekerja dengan metode kerja yang telah ditetapkan perusahaan.

1. S_1 = Perakitan *pitman*
2. S_2 = Perakitan *horse head*
3. S_3 = Perakitan *samson post front*
4. S_4 = Perakitan *samson post rear*
5. S_5 = Perakitan *walking beam assy*
6. S_6 = Perakitan *gear reducer assy*
7. S_7 = Perakitan *frame assy*
8. S_8 = Perakitan *equalizer*
9. S_9 = Perakitan *frame extension*
10. S_{10} = Perakitan *belt guard*
11. S_{11} = Perakitan *counter weight*

**Tabel 3.2. Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan
Pumping Unit Tipe C25**

| C25 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hitungan Ke-.... | Stasiun Kerja | | | | | | | | | | |
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 |
| 1 | 39290 | 27869 | 30299 | 29053 | 70452 | 61198 | 48291 | 36899 | 29681 | 27851 | 17099 |
| 2 | 39276 | 27853 | 30298 | 29065 | 70460 | 61177 | 48271 | 36874 | 29696 | 27898 | 17060 |
| 3 | 39297 | 27870 | 30262 | 29083 | 70478 | 61151 | 48251 | 36855 | 29677 | 27853 | 17064 |
| 4 | 39283 | 27888 | 30263 | 29088 | 70457 | 61153 | 48295 | 36894 | 29691 | 27859 | 17092 |
| 5 | 39299 | 27860 | 30299 | 29065 | 70468 | 61188 | 48280 | 36900 | 29679 | 27874 | 17099 |
| 6 | 39261 | 27898 | 30296 | 29060 | 70475 | 61177 | 48256 | 36900 | 29653 | 27855 | 17097 |
| 7 | 39250 | 27878 | 30281 | 29093 | 70500 | 61184 | 48285 | 36900 | 29666 | 27890 | 17078 |
| 8 | 39250 | 27888 | 30277 | 29081 | 70500 | 61183 | 48281 | 36861 | 29666 | 27856 | 17094 |
| 9 | 39254 | 27877 | 30257 | 29050 | 70494 | 61188 | 48287 | 36889 | 29663 | 27862 | 17080 |
| 10 | 39298 | 27875 | 30297 | 29090 | 70457 | 61165 | 48300 | 36889 | 29669 | 27861 | 17082 |
| 11 | 39263 | 27855 | 30257 | 29091 | 70496 | 61199 | 48270 | 36870 | 29660 | 27893 | 17058 |
| 12 | 39292 | 27880 | 30275 | 29067 | 70477 | 61164 | 48277 | 36885 | 29697 | 27882 | 17089 |
| 13 | 39258 | 27867 | 30286 | 29091 | 70480 | 61186 | 48264 | 36874 | 29691 | 27896 | 17082 |
| 14 | 39263 | 27876 | 30259 | 29062 | 70461 | 61167 | 48285 | 36884 | 29695 | 27873 | 17068 |
| 15 | 39281 | 27868 | 30286 | 29090 | 70489 | 61168 | 48266 | 36860 | 29686 | 27898 | 17051 |
| 16 | 39287 | 27892 | 30268 | 29061 | 70485 | 61171 | 48300 | 36866 | 29668 | 27895 | 17060 |
| 17 | 39269 | 27859 | 30271 | 29066 | 70472 | 61193 | 48289 | 36865 | 29675 | 27886 | 17050 |
| 18 | 39251 | 27892 | 30279 | 29062 | 70500 | 61153 | 48295 | 36890 | 29654 | 27900 | 17079 |
| 19 | 39273 | 27900 | 30260 | 29080 | 70494 | 61173 | 48256 | 36858 | 29686 | 27870 | 17057 |
| 20 | 39285 | 27877 | 30290 | 29053 | 70468 | 61182 | 48294 | 36893 | 29666 | 27871 | 17087 |
| 21 | 39253 | 27893 | 30265 | 29098 | 70461 | 61182 | 48281 | 36868 | 29667 | 27864 | 17087 |
| 22 | 39286 | 27871 | 30269 | 29058 | 70485 | 61181 | 48294 | 36889 | 29670 | 27890 | 17076 |
| 23 | 39265 | 27885 | 30267 | 29066 | 70489 | 61171 | 48272 | 36873 | 29683 | 27859 | 17051 |
| 24 | 39297 | 27852 | 30259 | 29056 | 70467 | 61188 | 48294 | 36860 | 29659 | 27874 | 17078 |
| 25 | 39268 | 27864 | 30265 | 29060 | 70486 | 61199 | 48256 | 36878 | 29669 | 27874 | 17064 |
| 26 | 39260 | 27900 | 30276 | 29056 | 70478 | 61156 | 48279 | 36880 | 29680 | 27851 | 17084 |
| 27 | 39269 | 27865 | 30251 | 29098 | 70468 | 61175 | 48297 | 36867 | 29693 | 27866 | 17098 |
| 28 | 39259 | 27883 | 30251 | 29080 | 70457 | 61171 | 48274 | 36875 | 29693 | 27878 | 17088 |
| 29 | 39280 | 27891 | 30300 | 29082 | 70495 | 61158 | 48291 | 36892 | 29681 | 27852 | 17062 |
| 30 | 39268 | 27886 | 30276 | 29053 | 70469 | 61187 | 48281 | 36862 | 29680 | 27851 | 17075 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

**Tabel 3.3. Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan
Pumping Unit Tipe C114**

| C114 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hitungan Ke-.... | Stasiun Kerja | | | | | | | | | | |
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 |
| 1 | 39041 | 27626 | 30063 | 28869 | 70271 | 60964 | 48070 | 36648 | 29459 | 27672 | 16851 |
| 2 | 39060 | 27631 | 30046 | 28842 | 70253 | 60953 | 48026 | 36656 | 29470 | 27651 | 16831 |
| 3 | 39065 | 27669 | 30028 | 28862 | 70231 | 60944 | 48046 | 36645 | 29445 | 27639 | 16864 |
| 4 | 39041 | 27628 | 30071 | 28835 | 70263 | 60970 | 48032 | 36649 | 29440 | 27645 | 16872 |
| 5 | 39073 | 27635 | 30068 | 28836 | 70264 | 60934 | 48062 | 36629 | 29431 | 27662 | 16848 |
| 6 | 39054 | 27660 | 30070 | 28872 | 70226 | 60956 | 48047 | 36637 | 29443 | 27636 | 16864 |
| 7 | 39052 | 27663 | 30038 | 28866 | 70227 | 60963 | 48063 | 36671 | 29458 | 27641 | 16865 |
| 8 | 39073 | 27669 | 30058 | 28869 | 70251 | 60940 | 48064 | 36632 | 29430 | 27666 | 16830 |
| 9 | 39035 | 27641 | 30049 | 28825 | 70263 | 60953 | 48053 | 36635 | 29429 | 27669 | 16854 |
| 10 | 39060 | 27646 | 30060 | 28851 | 70249 | 60975 | 48047 | 36673 | 29444 | 27666 | 16834 |
| 11 | 39059 | 27671 | 30039 | 28835 | 70262 | 60957 | 48053 | 36657 | 29447 | 27645 | 16849 |
| 12 | 39028 | 27674 | 30034 | 28835 | 70257 | 60939 | 48074 | 36661 | 29458 | 27650 | 16843 |
| 13 | 39071 | 27642 | 30032 | 28849 | 70247 | 60931 | 48072 | 36665 | 29460 | 27675 | 16856 |
| 14 | 39031 | 27633 | 30071 | 28831 | 70251 | 60944 | 48045 | 36646 | 29452 | 27675 | 16842 |
| 15 | 39037 | 27654 | 30057 | 28852 | 70241 | 60931 | 48035 | 36667 | 29455 | 27653 | 16830 |
| 16 | 39025 | 27660 | 30058 | 28847 | 70267 | 60927 | 48042 | 36673 | 29442 | 27675 | 16833 |
| 17 | 39074 | 27651 | 30061 | 28827 | 70227 | 60948 | 48031 | 36653 | 29439 | 27634 | 16873 |
| 18 | 39050 | 27651 | 30050 | 28866 | 70262 | 60945 | 48050 | 36674 | 29457 | 27659 | 16827 |
| 19 | 39051 | 27645 | 30035 | 28868 | 70238 | 60958 | 48059 | 36634 | 29434 | 27671 | 16853 |
| 20 | 39025 | 27662 | 30053 | 28874 | 70264 | 60944 | 48073 | 36638 | 29471 | 27638 | 16839 |
| 21 | 39064 | 27653 | 30038 | 28827 | 70241 | 60965 | 48041 | 36649 | 29449 | 27643 | 16862 |
| 22 | 39035 | 27672 | 30051 | 28842 | 70273 | 60971 | 48026 | 36633 | 29466 | 27665 | 16848 |
| 23 | 39031 | 27655 | 30026 | 28873 | 70250 | 60966 | 48071 | 36635 | 29459 | 27641 | 16849 |
| 24 | 39032 | 27645 | 30061 | 28865 | 70246 | 60962 | 48064 | 36636 | 29467 | 27632 | 16837 |
| 25 | 39028 | 27670 | 30030 | 28845 | 70270 | 60933 | 48037 | 36655 | 29437 | 27672 | 16838 |
| 26 | 39063 | 27628 | 30074 | 28842 | 70265 | 60926 | 48051 | 36634 | 29457 | 27660 | 16873 |
| 27 | 39064 | 27636 | 30068 | 28868 | 70238 | 60968 | 48065 | 36650 | 29453 | 27664 | 16849 |
| 28 | 39039 | 27674 | 30057 | 28875 | 70269 | 60963 | 48029 | 36661 | 29459 | 27629 | 16829 |
| 29 | 39025 | 27627 | 30029 | 28830 | 70231 | 60948 | 48067 | 36626 | 29471 | 27625 | 16825 |
| 30 | 39045 | 27628 | 30064 | 28841 | 70269 | 60942 | 48059 | 36630 | 29426 | 27639 | 16855 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

**Tabel 3.4. Waktu Siklus Rata-Rata Tenaga Kerja pada Pembuatan
Pumping Unit Tipe C228**

| C228 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hitungan Ke-.... | Stasiun Kerja | | | | | | | | | | |
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 |
| 1 | 39101 | 27666 | 30063 | 28882 | 70266 | 60980 | 48064 | 36689 | 29500 | 27664 | 16899 |
| 2 | 39093 | 27658 | 30090 | 28882 | 70269 | 60962 | 48060 | 36664 | 29493 | 27695 | 16864 |
| 3 | 39089 | 27693 | 30101 | 28889 | 70268 | 60968 | 48058 | 36673 | 29479 | 27697 | 16869 |
| 4 | 39090 | 27685 | 30099 | 28897 | 70285 | 60988 | 48057 | 36688 | 29505 | 27689 | 16884 |
| 5 | 39105 | 27666 | 30066 | 28864 | 70277 | 61005 | 48059 | 36664 | 29495 | 27683 | 16876 |
| 6 | 39081 | 27675 | 30102 | 28886 | 70255 | 60962 | 48063 | 36688 | 29489 | 27656 | 16904 |
| 7 | 39070 | 27686 | 30077 | 28889 | 70270 | 60981 | 48075 | 36690 | 29462 | 27689 | 16895 |
| 8 | 39081 | 27685 | 30103 | 28874 | 70269 | 60966 | 48091 | 36663 | 29465 | 27666 | 16860 |
| 9 | 39061 | 27670 | 30061 | 28874 | 70294 | 60960 | 48079 | 36669 | 29455 | 27670 | 16872 |
| 10 | 39074 | 27681 | 30101 | 28891 | 70300 | 60972 | 48101 | 36679 | 29487 | 27680 | 16875 |
| 11 | 39099 | 27664 | 30081 | 28894 | 70256 | 60955 | 48065 | 36656 | 29462 | 27702 | 16891 |
| 12 | 39066 | 27694 | 30055 | 28899 | 70267 | 60984 | 48063 | 36662 | 29461 | 27658 | 16898 |
| 13 | 39055 | 27682 | 30077 | 28890 | 70264 | 60993 | 48057 | 36668 | 29468 | 27669 | 16886 |
| 14 | 39060 | 27689 | 30104 | 28863 | 70292 | 60995 | 48101 | 36700 | 29477 | 27688 | 16863 |
| 15 | 39067 | 27666 | 30068 | 28883 | 70263 | 61002 | 48064 | 36695 | 29485 | 27675 | 16897 |
| 16 | 39055 | 27686 | 30079 | 28862 | 70271 | 60988 | 48057 | 36681 | 29458 | 27686 | 16857 |
| 17 | 39103 | 27700 | 30093 | 28880 | 70291 | 60965 | 48082 | 36671 | 29468 | 27687 | 16857 |
| 18 | 39067 | 27679 | 30069 | 28891 | 70296 | 60974 | 48096 | 36688 | 29500 | 27679 | 16903 |
| 19 | 39071 | 27661 | 30097 | 28863 | 70303 | 60983 | 48088 | 36659 | 29488 | 27700 | 16892 |
| 20 | 39097 | 27702 | 30058 | 28899 | 70259 | 60980 | 48072 | 36666 | 29455 | 27656 | 16898 |
| 21 | 39069 | 27656 | 30061 | 28884 | 70268 | 60973 | 48078 | 36689 | 29464 | 27666 | 16894 |
| 22 | 39078 | 27687 | 30081 | 28872 | 70304 | 60989 | 48095 | 36682 | 29477 | 27702 | 16892 |
| 23 | 39069 | 27671 | 30093 | 28901 | 70266 | 60964 | 48103 | 36688 | 29471 | 27678 | 16904 |
| 24 | 39066 | 27663 | 30083 | 28855 | 70287 | 60977 | 48071 | 36698 | 29490 | 27673 | 16875 |
| 25 | 39099 | 27683 | 30061 | 28876 | 70279 | 60989 | 48089 | 36681 | 29460 | 27685 | 16872 |
| 26 | 39094 | 27662 | 30095 | 28894 | 70289 | 60983 | 48105 | 36668 | 29476 | 27701 | 16899 |
| 27 | 39067 | 27663 | 30083 | 28892 | 70260 | 60973 | 48068 | 36698 | 29500 | 27703 | 16897 |
| 28 | 39092 | 27697 | 30095 | 28900 | 70299 | 60957 | 48086 | 36679 | 29504 | 27692 | 16887 |
| 29 | 39061 | 27686 | 30066 | 28859 | 70260 | 60971 | 48061 | 36690 | 29491 | 27683 | 16874 |
| 30 | 39057 | 27702 | 30055 | 28896 | 70268 | 60977 | 48080 | 36689 | 29459 | 27697 | 16859 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.3 Data Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja pada Produsen *Pumping Unit* untuk bagian produksi *pumping unit* dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Data Jumlah Tenaga Kerja Produksi *Pumping Unit*

| No | Departemen Produksi | Jumlah Tenaga Kerja |
|----|------------------------------|---------------------|
| 1 | <i>Pitman</i> | 5 |
| 2 | <i>Horsehead</i> | 3 |
| 3 | <i>Samson Post Front</i> | 3 |
| 4 | <i>Samson Post Rear</i> | 3 |
| 5 | <i>Walking Beam Assembly</i> | 12 |
| 6 | <i>Gear Reducer Assembly</i> | 12 |
| 7 | <i>Frame Assembly</i> | 5 |
| 8 | <i>Equalizer</i> | 3 |
| 9 | <i>Frame Extension</i> | 3 |
| 10 | <i>Belt Guard</i> | 3 |
| 11 | <i>Counter Weight</i> | 2 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.4 Data Jumlah Hari Kerja

Produksi *pumping unit* di Produsen *Pumping Unit* dilaksanakan pada hari Senin sampai Jumat. Dalam penelitian ini yang menjadi kendala adalah jam kerja bagian produksi. Rata-rata jumlah hari kerja efektif bagian produksi pada Produsen *Pumping Unit* dalam satu bulan adalah 20 hari kerja. Untuk 1 hari jam kerja adalah 8 jam. Adapun jumlah waktu kerja yang tersedia pada bagian produksi Produsen *Pumping Unit* selama tahun 2010 dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Data Waktu Kerja Tersedia Tahun 2010

| Tahun | Bulan | Jumlah Hari Kerja | Total Waktu Kerja Tersedia (Jam) | Total Waktu Kerja Tersedia (Menit) | Total Waktu Kerja Tersedia (Detik) |
|-------|-----------|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 2010 | September | 14 | 112 | 6720 | 403200 |
| | Oktober | 21 | 168 | 10080 | 604800 |
| | November | 22 | 176 | 10560 | 633600 |
| | Desember | 22 | 176 | 10560 | 633600 |
| TOTAL | | 79 | 632 | 37920 | 2275200 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.5 Data Penjualan

Data penjualan *pumping unit* dari Produsen *Pumping Unit* diperlukan untuk meramalkan jumlah permintaan akan produk tersebut pada masa yang akan datang. Data penjualan yang dikumpulkan adalah penjualan selama 4 tahun terakhir tahun 2007 – 2010. Data penjualan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Total Penjualan *Pumping Unit* Periode Tahun 2007-2010

| Bulan | C25 | | | | C114 | | | | C228 | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 55 | 30 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 53 | 25 | 12 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 19 | 55 | 76 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 18 | 51 | 36 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 18 | 63 | 52 | 25 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 19 | 54 | 42 | 35 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 19 | 53 | 20 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 52 | 20 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | | 9 | 45 | 10 | | 2 | 0 | 0 | |
| 10 | 0 | 0 | 0 | | 9 | 46 | 30 | | 2 | 1 | 0 | |
| 11 | 0 | 0 | 0 | | 10 | 49 | 20 | | 1 | 2 | 0 | |
| 12 | 0 | 0 | 0 | | 9 | 15 | 44 | | 1 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 5 | 0 | 0 | 0 | 178 | 591 | 405 | 130 | 12 | 3 | 0 | 7 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.6 Data Pemakaian dan Kapasitas Gudang Bahan Baku

Pemakaian bahan baku dan bahan tambahan berbeda-beda tergantung dari jenis produk yang akan diproduksi. Gudang bahan baku juga memiliki kapasitas terbatas. Data pemakaian dari bahan baku untuk tiap jenis *pumping unit* dan kapasitas gudang per bulan dapat dilihat pada tabel 3.8. dan 3.9.

Tabel 3.8. Data Pemakaian Bahan untuk Tiap Jenis *Pumping Unit*

| No | Keterangan | Material | Satuan | C25 | | C114 | | C228 | |
|----|--------------------|----------|---------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | | Pemakaian Bahan | | Pemakaian Bahan | | Pemakaian Bahan | |
| 1 | Exp. Metal T = 2,3 | SS400 | 4' x 8' | 1,0 | Lbr | - | Lbr | 0,77 | Lbr |
| 2 | Exp. Metal T = 3,2 | SS400 | 4' x 8' | - | Lbr | 0,12 | Lbr | 0,33 | Lbr |
| 3 | PL. T = 3,2 | SS400 | 4' x 8' | 0,2 | Lbr | 1,72 | Lbr | 1,33 | Lbr |
| 4 | PL. T = 4,5 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | 0,04 | Lbr | 0,33 | Lbr |

**Tabel 3.8. Data Pemakaian Bahan untuk Tiap Jenis *Pumping Unit*
(Sambungan)**

| No | Keterangan | Material | Satuan | C25 | | C114 | | C228 | |
|----|--|----------|--------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | | Pemakaian Bahan | | Pemakaian Bahan | | Pemakaian Bahan | |
| 5 | PL. T = 6 | SS400 | 4' x 8' | 1,0 | Lbr | 0,16 | Lbr | 0,33 | Lbr |
| 6 | PL. T = 9 | SS400 | 4' x 8' | 0,2 | Lbr | 0,12 | Lbr | 0,67 | Lbr |
| 7 | PL. T = 10 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | - | Lbr | - | Lbr |
| 8 | PL. T = 10 | SS400 | 5' x 20' | - | Lbr | 0,92 | Lbr | 1,00 | Lbr |
| 9 | PL. T = 12 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | - | Lbr | - | Lbr |
| 10 | PL. T = 12 | SS400 | 5' x 20' | - | Lbr | 0,52 | Lbr | 1,00 | Lbr |
| 11 | PL. T = 16 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | 0,44 | Lbr | 0,33 | Lbr |
| 12 | PL. T = 19 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | - | Lbr | 0,33 | Lbr |
| 13 | PL. T = 22 | SS400 | 4' x 8' | - | Lbr | - | Lbr | 0,33 | Lbr |
| 14 | PL. T = 25 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | 0,48 | Lbr | 1,00 | Lbr |
| 15 | PL. T = 32 | SS400 | 4' x 8' | - | Lbr | 0,04 | Lbr | 0,13 | Lbr |
| 16 | PL. T = 38 | SS400 | 4' x 8' | 0,1 | Lbr | - | Lbr | 0,07 | Lbr |
| 17 | PL. T = 50 | SS400 | 4' x 8' | - | Lbr | 0,04 | Lbr | 0,07 | Lbr |
| 18 | FB 5 x 25 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,12 | Btg | - | Btg |
| 19 | FB 9 x 38 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 3,16 | Btg | - | Btg |
| 20 | WF 150 x 75 x 5 x 7 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | 0,4 | Btg | - | Btg |
| 21 | WF 200 x 100 x 5,5 x 8 | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | 0,67 | Btg |
| 22 | WF 200 x 150 x 6 x 9 | SS400 | L = 8800 mm | - | Btg | 1 | Btg | - | Btg |
| 23 | WF 200 x 150 x 6 x 9 | SS401 | L = 9000 mm | - | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |
| 24 | WF 300 X 150 X 6,5 X 9 - 24,66 # | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 25 | WF 350 x 175 x 9 x 12 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | 0,4 | Btg | - | Btg |
| 26 | WF 400 x 200 x 8 x 13 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | 1 | Btg | 0,33 | Btg |
| 27 | WF 400 x 225 x 12 x 9 | SS400 | L = 1800 mm | - | Btg | 1 | Btg | - | Btg |
| 28 | WF 450 x 200 x 9 x 14 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 29 | WF 450 x 250 x 12 x 19 | SS400 | L = 1600 mm | - | Btg | - | Btg | 0,67 | Btg |
| 30 | WF 611,1 x 323,8 x 12,7 x 19,05 (24 x 104 #) | SS400 | L = 11000 mm | - | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |
| 31 | WF 617 x 230 x 13 x 22 (24 x 94 #) | SS400 | L = 9500 mm | - | Btg | 0,52 | Btg | - | Btg |
| 32 | UNP Channal 100 x 50 x 5 | SS400 | L = 6000 mm | 2,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 33 | H 200 x 200 x 8 x 12 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 34 | H 208 x 202 x 10 x 16 | SS400 | L = 7200 mm | - | Btg | 0,52 | Btg | - | Btg |
| 35 | L 30 x 30 x 3 | SS400 | L = 6000 mm | 1,0 | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 36 | L 40 x 40 x 4 | SS400 | L = 6000 mm | 4,0 | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |
| 37 | L 50 x 50 x 5 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 1,24 | Btg | - | Btg |
| 38 | L 50 x 50 x 5 | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 39 | L 60 x 60 x 6 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 1,64 | Btg | 0,67 | Btg |
| 40 | L 60 x 60 x 6 | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 41 | L 70 x 70 x 7 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,36 | Btg | - | Btg |

**Tabel 3.8. Data Pemakaian Bahan untuk Tiap Jenis *Pumping Unit*
(Sambungan)**

| No | Keterangan | Material | Satuan | C25 | | C114 | | C228 | |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | | Pemakaian Bahan | Btg | Pemakaian Bahan | Btg | Pemakaian Bahan | Btg |
| 42 | L 75 x 75 x 7 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,67 | Btg |
| 43 | L 90 x 90 x 9 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 2,33 | Btg |
| 44 | L 100 x 100 x 10 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,6 | Btg | 0,33 | Btg |
| 45 | L 120 x 120 x 12 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,6 | Btg | - | Btg |
| 46 | L 150 x 150 x 12 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 47 | L 150 x 150 x 15 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,2 | Btg | 0,33 | Btg |
| 48 | RHS 60 x 30 x 3,2 | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 49 | FB 5 x 25 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 50 | FB 5 x 25 | SS400 | L = 12000 mm | 1,0 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 51 | FB 9 x 38 | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 4,00 | Btg |
| 52 | RB DIA = 6 | SS400 | L = 12000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 53 | RB DIA = 9 | SS400 | L = 12000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 54 | RB DIA = 12 | SS400 | L = 12000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 55 | RB DIA = 16 | SS400 | L = 12000 mm | 0,3 | Btg | 0,24 | Btg | 0,67 | Btg |
| 56 | RB DIA = 19 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | 1,64 | Btg | 1,00 | Btg |
| 57 | RB DIA = 25 | SS400 | L = 12000 mm | - | Btg | 0,12 | Btg | 0,33 | Btg |
| 58 | Shaft $\varnothing = 1/2''$ | S45C | L = 6000 mm | 1,0 | Btg | 0,36 | Btg | 1,33 | Btg |
| 59 | Shaft $\varnothing = 1''$ | SS400 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 60 | Shaft $\varnothing = 1''$ | ASB709 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 61 | Shaft $\varnothing = 1 1/4''$ | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,04 | Btg | - | Btg |
| 62 | Shaft $\varnothing = 1 1/2''$ | SS400 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 63 | Shaft $\varnothing = 1 1/2''$ | AISI 4140 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 64 | Shaft $\varnothing = 1 3/4''$ | AISI 4140 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 65 | Shaft $\varnothing = 2''$ | SS400 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 66 | Shaft $\varnothing = 2 1/4''$ | ASB709 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 67 | Shaft $\varnothing = 2 1/2''$ | ASB709 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 68 | Shaft $\varnothing = 3''$ | ASB709 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 69 | Shaft $\varnothing = 4''$ | SS400 | L = 350 mm | - | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |
| 70 | Shaft $\varnothing = 4''$ | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 71 | Shaft $\varnothing = 4''$ | S45C | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 72 | Shaft $\varnothing = 4''$ | AISI 4140 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | 0,24 | Btg | - | Btg |
| 73 | Shaft $\varnothing = 4''$ | ASB709 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 74 | Shaft $\varnothing = 5''$ | SS400 | L = 60 mm | - | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |
| 75 | Shaft $\varnothing = 5''$ | AISI 4140 | L = 425 mm | - | Btg | - | Btg | 1,33 | Btg |
| 76 | Shaft $\varnothing = 5''$ | AISI 4140 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 77 | Shaft $\varnothing = 6''$ | S45C | L = 6000 mm | - | Btg | 0,04 | Btg | - | Btg |
| 78 | Shaft $\varnothing = 7''$ | AISI 4140 | L = 540 mm | - | Btg | - | Btg | 1,00 | Btg |

Tabel 3.8. Data Pemakaian Bahan untuk Tiap Jenis *Pumping Unit* (Sambungan)

| No | Keterangan | Material | Satuan | C25 | | C114 | | C228 | |
|----|-------------------|----------|-------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | | Pemakaian Bahan | Btg | Pemakaian Bahan | Btg | Pemakaian Bahan | Btg |
| 79 | Pipe SGP 1/2" | SS400 | L = 6000 mm | 0,1 | Btg | - | Btg | - | Btg |
| 80 | Pipe SGP 3/4" | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,08 | Btg | - | Btg |
| 81 | Pipe SGP 3/4" | A53 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 82 | Pipe SGP 1" | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 0,04 | Btg | - | Btg |
| 83 | Pipe SGP 1" | A53 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 84 | Pipe SGP 1 1/4" | SS400 | L = 6000 mm | - | Btg | 1,96 | Btg | - | Btg |
| 85 | Pipe SCH 80 3/4" | A53 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 86 | Pipe SCH 80 1" | A53 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |
| 87 | Pipe Hitam STK 5" | A53 | L = 6000 mm | - | Btg | - | Btg | 0,33 | Btg |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

Gudang memiliki kapasitas terbatas untuk bahan baku pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\varnothing = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13. Hal ini disebabkan biaya simpan tinggi untuk ketiga jenis bahan ini. Selain itu, bahan baku pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\varnothing = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13 juga sering mengalami kendala dalam persediaan karena harus menunggu pengiriman. Sementara bahan-bahan lainnya tidak memiliki kendala dalam kapasitas gudang dan juga dalam persediaan bahan di gudang. Oleh karena itu kapasitas bahan yang menjadi kendala penelitian ini adalah pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\varnothing = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13.

Tabel 3.9. Kapasitas Gudang

| No | Keterangan | Material | Satuan | Kapasitas/bulan |
|----|-----------------------|----------|--------------|-----------------|
| 1 | PL. T = 4,5 | SS400 | 4' x 8' | 10 |
| 2 | WF 400 x 200 x 8 x 13 | SS400 | L = 12000 mm | 50 |
| 3 | RB DIA = 16 | SS400 | L = 12000 mm | 35 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.1.7 Data Jumlah Produksi yang Memenuhi Batasan BEP

Perusahaan menetapkan jumlah produksi minimum yang harus dicapai untuk dapat memenuhi batasan *break even point* dalam unit produksi. Perusahaan dikatakan dalam keadaan *break even* apabila jumlah penghasilannya adalah sama

dengan jumlah biaya. Jumlah produksi minimum untuk September-Desember tahun 2010 dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10. Jumlah Produksi Minimum

| Bulan | Pumping Unit | | |
|-----------|--------------|------|------|
| | C25 | C114 | C228 |
| September | 0 | 4 | 1 |
| Oktober | 0 | 6 | 1 |
| November | 0 | 7 | 1 |
| Desember | 0 | 8 | 1 |

Sumber : Produsen *Pumping Unit*

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Penentuan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari model ini adalah untuk memaksimalkan laba (Z) dari setiap *pumping unit* yang diproduksi. Pada tabel 3.1. telah dipaparkan bahwa laba dari setiap penjualan *pumping unit* adalah:

1. C25 : \$ 4.851,00/unit
2. C114 : \$ 9.362,57/unit
3. C228 : \$ 22.140,00/unit

Secara matematis formulasi untuk fungsi tujuan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } Z = \sum_{j=1}^n C_j \times X_j \quad (3.1)$$

Z = laba yang ingin dicapai dari seluruh *pumping unit* yang diproduksi

C_j = laba untuk produksi *pumping unit* ke- j

X_j = jumlah produksi optimal (variabel keputusan jenis *pumping unit* ke- j)

j = jenis *pumping unit* ke-1, 2, ..., n

Dimana variabel keputusan yang akan dicari solusi oprimalnya adalah:

X_1 = *pumping unit* tipe C25

X_2 = *pumping unit* tipe C114

X_3 = *pumping unit* tipe C228

Maka formulasi fungsi tujuan dari penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Maks. } Z = 4851X_1 + 9362,57X_2 + 22140X_3 \quad (3.2)$$

3.2.2 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Pertama

1. Uji keseragaman dan kecukupan data waktu siklus tenaga kerja

Uji keseragaman data dilakukan untuk melihat apakah data yang diambil sudah seragam atau tidak. Data dikatakan seragam apabila data berada pada batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Perhitungan uji keseragaman data untuk *pumping unit C25* adalah sebagai berikut:

- a. Mengelompokkan data ke dalam subgrup dengan anggota yang sama secara berurutan. Pengelompokan data ini dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Pengelompokkan Data Waktu Kecepatan Rata-Rata Operasi Perakitan Pitman (S1) dalam Sub Grup

| Sub Grup | Anggota Sub Grup (detik) | | | | | | Harga Rata-Rata |
|---------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| 1 | 39290 | 39276 | 39297 | 39283 | 39299 | 39261 | 39284,33 |
| 2 | 39250 | 39250 | 39254 | 39298 | 39263 | 39292 | 39267,83 |
| 3 | 39258 | 39263 | 39281 | 39287 | 39269 | 39251 | 39268,17 |
| 4 | 39273 | 39285 | 39253 | 39286 | 39265 | 39297 | 39276,50 |
| 5 | 39268 | 39260 | 39269 | 39259 | 39280 | 39268 | 39267,33 |
| Jumlah | | | | | | | 196364,17 |

- b. Menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi

$$(\bar{x}) = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{196364,17}{5} = 39272,83 \quad (3.4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.5)$$

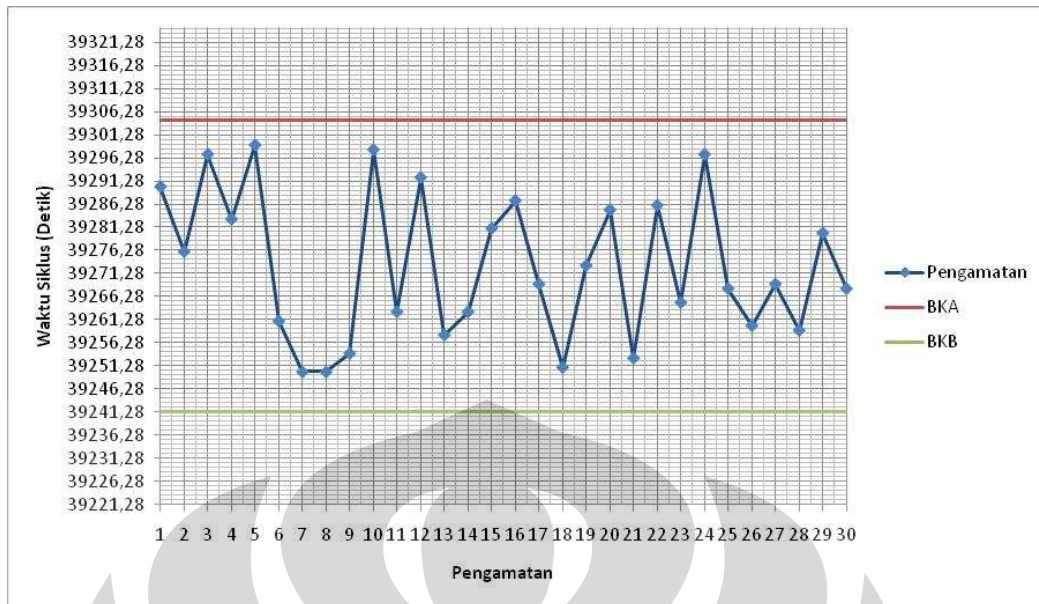
$$\sigma = \sqrt{\frac{(39290-39272,83)^2 + (39276-39272,83)^2 + \dots + (39268-39272,83)^2}{30-1}}$$

$$\sigma = 15,77$$

- c. Menentukan nilai batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k \times \sigma = 39272,83 + 2 \times 15,77 = 39304,38 \quad (3.6)$$

$$BKB = \bar{x} - k \times \sigma = 39272,83 - 2 \times 15,77 = 39241,28 \quad (3.7)$$



Gambar 3.1. Control Chart Uji Keseragaman

Dari gambar 3.1. dapat dilihat bahwa semua data pengamatan berada dalam batas kontrol. Hal ini berarti data yang dikumpulkan seragam. Rekapitulasi hasil pengujian keseragaman waktu siklus untuk jenis *pumping unit* C25 dapat dilihat pada tabel 3.13.

Sedangkan uji kecukupan data dilakukan untuk melihat apakah jumlah data yang diambil pada saat pengamatan mencukupi untuk dilakukan perhitungan. Pada penelitian ini digunakan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Untuk menghitung kecukupan data dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{\left(N \sum_{j=1}^N X_j^2 - \left(\sum_{j=1}^N X_j \right)^2 \right)}}{\sum_{j=1}^N X_j} \right)^2 \quad (3.8)$$

Dimana:

N = jumlah pengamatan pendahuluan yang dilakukan

N' = jumlah pengamatan yang diperlukan

X_j = data pengamatan ke-j (j = 1, 2, 3, ..., n)

Perhitungan uji kecukupan data untuk *pumping unit* C25 stasiun perakitan *pitman* (S1) yaitu:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{(30(39290^2 + 39276^2 + \dots + 39268^2)) - (39290 + 39276 + \dots + 39268)^2}}{(39290 + 39276 + \dots + 39268)} \right)^2$$

$$N' = 0,0003$$

Karena $N' < N$, maka data yang dikumpulkan dinyatakan cukup. Rekapitulasi hasil pengujian kecukupan data untuk tiap jenis *pumping unit* dapat dilihat pada tabel 3.12.

Tabel 3.12. Uji Kecukupan Data Waktu Siklus Pembuatan *Pumping Unit* Tipe C25, C114, dan C228

| Stasiun Kerja | N' | | | Keterangan |
|------------------------|--------|--------|--------|------------|
| | C25 | C114 | C228 | |
| Pitman (S1) | 0,0002 | 0,0003 | 0,0003 | Cukup |
| Horse Head (S2) | 0,0004 | 0,0005 | 0,0004 | Cukup |
| Samson Post Front (S3) | 0,0004 | 0,0004 | 0,0005 | Cukup |
| Samson Post Rear (S4) | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | Cukup |
| Walking Beam Assy (S5) | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | Cukup |
| Gear Reducer Assy (S6) | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | Cukup |
| Frame Assy (S7) | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | Cukup |
| Equalizer (S8) | 0,0002 | 0,0003 | 0,0002 | Cukup |
| Frame Extension (S9) | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 | Cukup |
| Belt Guard (S10) | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | Cukup |
| Counter Weight (S11) | 0,0013 | 0,0011 | 0,0013 | Cukup |

**Tabel 3.13. Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan
Pumping Unit Tipe C25**

| Stasiun Kerja | Sub Grup | Anggota Sub Grup (Detik) | | | | | | | Harga Rata-Rata | Jumlah Harga Rata-rata | Standar Deviasi | BKA | BKB | Ket. |
|------------------------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|------------------------|-----------------|----------|---------|------|
| Pitman (S1) | 1 | 39290 | 39276 | 39297 | 39283 | 39299 | 39261 | 39284,33 | 39272,83 | 15,77 | 39304,38 | 39241,28 | Seragam | |
| | 2 | 39250 | 39250 | 39254 | 39298 | 39263 | 39292 | 39267,83 | | | | | | |
| | 3 | 39258 | 39263 | 39281 | 39287 | 39269 | 39251 | 39268,17 | | | | | | |
| | 4 | 39273 | 39285 | 39253 | 39286 | 39265 | 39297 | 39276,50 | | | | | | |
| | 5 | 39268 | 39260 | 39269 | 39259 | 39280 | 39268 | 39267,33 | | | | | | |
| Horse Head (S2) | 1 | 27869 | 27853 | 27870 | 27888 | 27860 | 27898 | 27873,00 | 27877,07 | 14,12 | 27905,30 | 27848,83 | Seragam | |
| | 2 | 27878 | 27888 | 27877 | 27875 | 27855 | 27880 | 27875,50 | | | | | | |
| | 3 | 27867 | 27876 | 27868 | 27892 | 27859 | 27892 | 27875,67 | | | | | | |
| | 4 | 27900 | 27877 | 27893 | 27871 | 27885 | 27852 | 27879,67 | | | | | | |
| | 5 | 27864 | 27900 | 27865 | 27883 | 27891 | 27886 | 27881,50 | | | | | | |
| Samson Post Front (S3) | 1 | 30299 | 30298 | 30262 | 30263 | 30299 | 30296 | 30286,17 | 30274,63 | 15,50 | 30305,63 | 30243,63 | Seragam | |
| | 2 | 30281 | 30277 | 30257 | 30297 | 30257 | 30275 | 30274,00 | | | | | | |
| | 3 | 30286 | 30259 | 30286 | 30268 | 30271 | 30279 | 30274,83 | | | | | | |
| | 4 | 30260 | 30290 | 30265 | 30269 | 30267 | 30259 | 30268,33 | | | | | | |
| | 5 | 30265 | 30276 | 30251 | 30251 | 30300 | 30276 | 30269,83 | | | | | | |
| Samson Post Rear (S4) | 1 | 29053 | 29065 | 29083 | 29088 | 29065 | 29060 | 29069,00 | 29071,93 | 15,46 | 29102,85 | 29041,02 | Seragam | |
| | 2 | 29093 | 29081 | 29050 | 29090 | 29091 | 29067 | 29078,67 | | | | | | |
| | 3 | 29091 | 29062 | 29090 | 29061 | 29066 | 29062 | 29072,00 | | | | | | |
| | 4 | 29080 | 29053 | 29098 | 29058 | 29066 | 29056 | 29068,50 | | | | | | |
| | 5 | 29060 | 29056 | 29098 | 29080 | 29082 | 29053 | 29071,50 | | | | | | |
| Walking Beam Assy (S5) | 1 | 70452 | 70460 | 70478 | 70457 | 70468 | 70475 | 70465,00 | 70477,27 | 14,88 | 70507,02 | 70447,51 | Seragam | |
| | 2 | 70500 | 70500 | 70494 | 70457 | 70496 | 70477 | 70487,33 | | | | | | |
| | 3 | 70480 | 70461 | 70489 | 70485 | 70472 | 70500 | 70481,17 | | | | | | |
| | 4 | 70494 | 70468 | 70461 | 70485 | 70489 | 70467 | 70477,33 | | | | | | |
| | 5 | 70486 | 70478 | 70468 | 70457 | 70495 | 70469 | 70475,50 | | | | | | |
| Gear Reducer Assy (S6) | 1 | 61198 | 61177 | 61151 | 61153 | 61188 | 61177 | 61174,00 | 61176,27 | 13,89 | 61204,05 | 61148,48 | Seragam | |
| | 2 | 61184 | 61183 | 61188 | 61165 | 61199 | 61164 | 61180,50 | | | | | | |
| | 3 | 61186 | 61167 | 61168 | 61171 | 61193 | 61153 | 61173,00 | | | | | | |
| | 4 | 61173 | 61182 | 61182 | 61181 | 61171 | 61188 | 61179,50 | | | | | | |
| | 5 | 61199 | 61156 | 61175 | 61171 | 61158 | 61187 | 61174,33 | | | | | | |
| Frame Assy (S7) | 1 | 48291 | 48271 | 48251 | 48295 | 48280 | 48256 | 48274,00 | 48280,40 | 14,21 | 48308,83 | 48251,97 | Seragam | |
| | 2 | 48285 | 48281 | 48287 | 48300 | 48270 | 48277 | 48283,33 | | | | | | |
| | 3 | 48264 | 48285 | 48266 | 48300 | 48289 | 48295 | 48283,17 | | | | | | |
| | 4 | 48256 | 48294 | 48281 | 48294 | 48272 | 48294 | 48281,83 | | | | | | |
| | 5 | 48256 | 48279 | 48297 | 48274 | 48291 | 48281 | 48279,67 | | | | | | |
| Equalizer (S8) | 1 | 36899 | 36874 | 36855 | 36894 | 36900 | 36900 | 36887,00 | 36878,33 | 14,32 | 36906,98 | 36849,69 | Seragam | |
| | 2 | 36900 | 36861 | 36889 | 36889 | 36870 | 36885 | 36882,33 | | | | | | |
| | 3 | 36874 | 36884 | 36860 | 36866 | 36865 | 36890 | 36873,17 | | | | | | |
| | 4 | 36858 | 36893 | 36868 | 36889 | 36873 | 36860 | 36873,50 | | | | | | |
| | 5 | 36878 | 36880 | 36867 | 36875 | 36892 | 36862 | 36875,67 | | | | | | |
| Frame Extension (S9) | 1 | 29681 | 29696 | 29677 | 29691 | 29679 | 29653 | 29679,50 | 29676,47 | 12,96 | 29702,39 | 29650,55 | Seragam | |
| | 2 | 29666 | 29666 | 29663 | 29669 | 29660 | 29697 | 29670,17 | | | | | | |
| | 3 | 29691 | 29695 | 29686 | 29668 | 29675 | 29654 | 29678,17 | | | | | | |
| | 4 | 29686 | 29666 | 29667 | 29670 | 29683 | 29659 | 29671,83 | | | | | | |
| | 5 | 29669 | 29680 | 29693 | 29693 | 29681 | 29680 | 29682,67 | | | | | | |
| Belt Guard (S10) | 1 | 27851 | 27898 | 27853 | 27859 | 27874 | 27855 | 27865,00 | 27872,73 | 16,56 | 27905,85 | 27839,62 | Seragam | |
| | 2 | 27890 | 27856 | 27862 | 27861 | 27893 | 27882 | 27874,00 | | | | | | |
| | 3 | 27896 | 27873 | 27898 | 27895 | 27886 | 27900 | 27891,33 | | | | | | |
| | 4 | 27870 | 27871 | 27864 | 27890 | 27859 | 27874 | 27871,33 | | | | | | |
| | 5 | 27874 | 27851 | 27866 | 27878 | 27852 | 27851 | 27862,00 | | | | | | |
| Counter Weight (S11) | 1 | 17099 | 17060 | 17064 | 17092 | 17099 | 17097 | 17085,17 | 17076,30 | 15,49 | 17107,28 | 17045,32 | Seragam | |
| | 2 | 17078 | 17094 | 17080 | 17082 | 17058 | 17089 | 17080,17 | | | | | | |
| | 3 | 17082 | 17068 | 17051 | 17060 | 17050 | 17079 | 17065,00 | | | | | | |
| | 4 | 17057 | 17087 | 17087 | 17076 | 17051 | 17078 | 17072,67 | | | | | | |
| | 5 | 17064 | 17084 | 17098 | 17088 | 17062 | 17075 | 17078,50 | | | | | | |

**Tabel 3.14. Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan
Pumping Unit Tipe C114**

| Stasiun Kerja | Sub Grup | Anggota Sub Grup (Detik) | | | | | | | Harga Rata-Rata | Jumlah Harga Rata-rata | Standar Deviasi | BKA | BKB | Ket. |
|------------------------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|------------------------|-----------------|---------|---------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Pitman (S1) | 1 | 39041 | 39060 | 39065 | 39041 | 39073 | 39054 | 39055,67 | 39047,70 | 16,42 | 39080,5 | 39014,9 | Seragam | |
| | 2 | 39052 | 39073 | 39035 | 39060 | 39059 | 39028 | 39051,17 | | | | | | |
| | 3 | 39071 | 39031 | 39037 | 39025 | 39074 | 39050 | 39048,00 | | | | | | |
| | 4 | 39051 | 39025 | 39064 | 39035 | 39031 | 39032 | 39039,67 | | | | | | |
| | 5 | 39028 | 39063 | 39064 | 39039 | 39025 | 39045 | 39044,00 | | | | | | |
| Horse Head (S2) | 1 | 27626 | 27631 | 27669 | 27628 | 27635 | 27660 | 27641,50 | 27649,97 | 16,19 | 27682,4 | 27617,6 | Seragam | |
| | 2 | 27663 | 27669 | 27641 | 27646 | 27671 | 27674 | 27660,67 | | | | | | |
| | 3 | 27642 | 27633 | 27654 | 27660 | 27651 | 27651 | 27648,50 | | | | | | |
| | 4 | 27645 | 27662 | 27653 | 27672 | 27655 | 27645 | 27655,33 | | | | | | |
| | 5 | 27670 | 27628 | 27636 | 27674 | 27627 | 27628 | 27643,83 | | | | | | |
| Samson Post Front (S3) | 1 | 30063 | 30046 | 30028 | 30071 | 30068 | 30070 | 30057,67 | 30051,30 | 15,01 | 30081,3 | 30021,3 | Seragam | |
| | 2 | 30038 | 30058 | 30049 | 30060 | 30039 | 30034 | 30046,33 | | | | | | |
| | 3 | 30032 | 30071 | 30057 | 30058 | 30061 | 30050 | 30054,83 | | | | | | |
| | 4 | 30035 | 30053 | 30038 | 30051 | 30026 | 30061 | 30044,00 | | | | | | |
| | 5 | 30030 | 30074 | 30068 | 30057 | 30029 | 30064 | 30053,67 | | | | | | |
| Samson Post Rear (S4) | 1 | 28869 | 28842 | 28862 | 28835 | 28836 | 28872 | 28852,67 | 28850,63 | 16,69 | 28884 | 28817,2 | Seragam | |
| | 2 | 28866 | 28869 | 28825 | 28851 | 28835 | 28835 | 28846,83 | | | | | | |
| | 3 | 28849 | 28831 | 28852 | 28847 | 28827 | 28866 | 28845,33 | | | | | | |
| | 4 | 28868 | 28874 | 28827 | 28842 | 28873 | 28865 | 28858,17 | | | | | | |
| | 5 | 28845 | 28842 | 28868 | 28875 | 28830 | 28841 | 28850,17 | | | | | | |
| Walking Beam Assy (S5) | 1 | 70271 | 70253 | 70231 | 70263 | 70264 | 70226 | 70251,33 | 70252,20 | 14,82 | 70281,8 | 70222,6 | Seragam | |
| | 2 | 70227 | 70251 | 70263 | 70249 | 70262 | 70257 | 70251,50 | | | | | | |
| | 3 | 70247 | 70251 | 70241 | 70267 | 70227 | 70262 | 70249,17 | | | | | | |
| | 4 | 70238 | 70264 | 70241 | 70273 | 70250 | 70246 | 70252,00 | | | | | | |
| | 5 | 70270 | 70265 | 70238 | 70269 | 70231 | 70269 | 70257,00 | | | | | | |
| Gear Reducer Assy (S6) | 1 | 60964 | 60953 | 60944 | 60970 | 60934 | 60956 | 60953,50 | 60950,67 | 14,26 | 60979,2 | 60922,1 | Seragam | |
| | 2 | 60963 | 60940 | 60953 | 60975 | 60957 | 60939 | 60954,50 | | | | | | |
| | 3 | 60931 | 60944 | 60931 | 60927 | 60948 | 60945 | 60937,67 | | | | | | |
| | 4 | 60958 | 60944 | 60965 | 60971 | 60966 | 60962 | 60961,00 | | | | | | |
| | 5 | 60933 | 60926 | 60968 | 60963 | 60948 | 60942 | 60946,67 | | | | | | |
| Frame Assy (S7) | 1 | 48070 | 48026 | 48046 | 48032 | 48062 | 48047 | 48047,17 | 48051,80 | 15,10 | 48082 | 48021,6 | Seragam | |
| | 2 | 48063 | 48064 | 48053 | 48047 | 48053 | 48074 | 48059,00 | | | | | | |
| | 3 | 48072 | 48045 | 48035 | 48042 | 48031 | 48050 | 48045,83 | | | | | | |
| | 4 | 48059 | 48073 | 48041 | 48026 | 48071 | 48064 | 48055,67 | | | | | | |
| | 5 | 48037 | 48051 | 48065 | 48029 | 48067 | 48059 | 48051,33 | | | | | | |
| Equalizer (S8) | 1 | 36648 | 36656 | 36645 | 36649 | 36629 | 36637 | 36644,00 | 36648,40 | 14,88 | 36678,2 | 36618,6 | Seragam | |
| | 2 | 36671 | 36632 | 36635 | 36673 | 36657 | 36661 | 36654,83 | | | | | | |
| | 3 | 36665 | 36646 | 36667 | 36673 | 36653 | 36674 | 36663,00 | | | | | | |
| | 4 | 36634 | 36638 | 36649 | 36633 | 36635 | 36636 | 36637,50 | | | | | | |
| | 5 | 36655 | 36634 | 36650 | 36661 | 36626 | 36630 | 36642,67 | | | | | | |
| Frame Extension (S9) | 1 | 29459 | 29470 | 29445 | 29440 | 29431 | 29443 | 29448,00 | 29450,27 | 13,18 | 29476,6 | 29423,9 | Seragam | |
| | 2 | 29458 | 29430 | 29429 | 29444 | 29447 | 29458 | 29444,33 | | | | | | |
| | 3 | 29460 | 29452 | 29455 | 29442 | 29439 | 29457 | 29450,83 | | | | | | |
| | 4 | 29434 | 29471 | 29449 | 29466 | 29459 | 29467 | 29457,67 | | | | | | |
| | 5 | 29437 | 29457 | 29453 | 29459 | 29471 | 29426 | 29450,50 | | | | | | |
| Belt Guard (S10) | 1 | 27672 | 27651 | 27639 | 27645 | 27662 | 27636 | 27650,83 | 27653,07 | 15,67 | 27684,4 | 27621,7 | Seragam | |
| | 2 | 27641 | 27666 | 27669 | 27666 | 27645 | 27650 | 27656,17 | | | | | | |
| | 3 | 27675 | 27675 | 27653 | 27675 | 27634 | 27659 | 27661,83 | | | | | | |
| | 4 | 27671 | 27638 | 27643 | 27665 | 27641 | 27632 | 27648,33 | | | | | | |
| | 5 | 27672 | 27660 | 27664 | 27629 | 27625 | 27639 | 27648,17 | | | | | | |
| Counter Weight (S11) | 1 | 16851 | 16831 | 16864 | 16872 | 16848 | 16864 | 16855,00 | 16847,43 | 14,45 | 16876,3 | 16818,5 | Seragam | |
| | 2 | 16865 | 16830 | 16854 | 16834 | 16849 | 16843 | 16845,83 | | | | | | |
| | 3 | 16856 | 16842 | 16830 | 16833 | 16873 | 16827 | 16843,50 | | | | | | |
| | 4 | 16853 | 16839 | 16862 | 16848 | 16849 | 16837 | 16848,00 | | | | | | |
| | 5 | 16838 | 16873 | 16849 | 16829 | 16825 | 16855 | 16844,83 | | | | | | |

**Tabel 3.15. Uji Keseragaman Data Waktu Siklus Kerja Pembuatan
Pumping Unit Tipe C228**

| Stasiun Kerja | Sub Grup | Anggota Sub Grup (Detik) | | | | | | | Harga Rata-Rata | Jumlah Harga Rata-rata | Standar Deviasi | BKA | BKB | Ket. |
|------------------------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|------------------------|-----------------|---------|---------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Pitman (S1) | 1 | 39101 | 39093 | 39089 | 39090 | 39105 | 39081 | 39093,17 | 39077,90 | 16,01 | 39109,9 | 39045,9 | Seragam | |
| | 2 | 39070 | 39081 | 39061 | 39074 | 39099 | 39066 | 39075,17 | | | | | | |
| | 3 | 39055 | 39060 | 39067 | 39055 | 39103 | 39067 | 39067,83 | | | | | | |
| | 4 | 39071 | 39097 | 39069 | 39078 | 39069 | 39066 | 39075,00 | | | | | | |
| | 5 | 39099 | 39094 | 39067 | 39092 | 39061 | 39057 | 39078,33 | | | | | | |
| Horse Head (S2) | 1 | 27666 | 27658 | 27693 | 27685 | 27666 | 27675 | 27673,83 | 27678,60 | 13,94 | 27706,5 | 27650,7 | Seragam | |
| | 2 | 27686 | 27685 | 27670 | 27681 | 27664 | 27694 | 27680,00 | | | | | | |
| | 3 | 27682 | 27689 | 27666 | 27686 | 27700 | 27679 | 27683,67 | | | | | | |
| | 4 | 27661 | 27702 | 27656 | 27687 | 27671 | 27663 | 27673,33 | | | | | | |
| | 5 | 27683 | 27662 | 27663 | 27697 | 27686 | 27702 | 27682,17 | | | | | | |
| Samson Post Front (S3) | 1 | 30063 | 30090 | 30101 | 30099 | 30066 | 30102 | 30086,83 | 30080,57 | 16,40 | 30113,4 | 30047,8 | Seragam | |
| | 2 | 30077 | 30103 | 30061 | 30101 | 30081 | 30055 | 30079,67 | | | | | | |
| | 3 | 30077 | 30104 | 30068 | 30079 | 30093 | 30069 | 30081,67 | | | | | | |
| | 4 | 30097 | 30058 | 30061 | 30081 | 30093 | 30083 | 30078,83 | | | | | | |
| | 5 | 30061 | 30095 | 30083 | 30095 | 30066 | 30055 | 30075,83 | | | | | | |
| Samson Post Rear (S4) | 1 | 28882 | 28882 | 28889 | 28897 | 28864 | 28886 | 28883,33 | 28882,70 | 13,61 | 28909,9 | 28855,5 | Seragam | |
| | 2 | 28889 | 28874 | 28874 | 28891 | 28894 | 28899 | 28886,83 | | | | | | |
| | 3 | 28890 | 28863 | 28883 | 28862 | 28880 | 28891 | 28878,17 | | | | | | |
| | 4 | 28863 | 28899 | 28884 | 28872 | 28901 | 28855 | 28879,00 | | | | | | |
| | 5 | 28876 | 28894 | 28892 | 28900 | 28859 | 28896 | 28886,17 | | | | | | |
| Walking Beam Assy (S5) | 1 | 70266 | 70269 | 70268 | 70285 | 70277 | 70255 | 70270,00 | 70276,50 | 15,29 | 70307,1 | 70245,9 | Seragam | |
| | 2 | 70270 | 70269 | 70294 | 70300 | 70256 | 70267 | 70276,00 | | | | | | |
| | 3 | 70264 | 70292 | 70263 | 70271 | 70291 | 70296 | 70279,50 | | | | | | |
| | 4 | 70303 | 70259 | 70268 | 70304 | 70266 | 70287 | 70281,17 | | | | | | |
| | 5 | 70279 | 70289 | 70260 | 70299 | 70260 | 70268 | 70275,83 | | | | | | |
| Gear Reducer Assy (S6) | 1 | 60980 | 60962 | 60968 | 60988 | 61005 | 60962 | 60977,50 | 60977,20 | 13,02 | 61003,2 | 60951,2 | Seragam | |
| | 2 | 60981 | 60966 | 60960 | 60972 | 60955 | 60984 | 60969,67 | | | | | | |
| | 3 | 60993 | 60995 | 61002 | 60988 | 60965 | 60974 | 60986,17 | | | | | | |
| | 4 | 60983 | 60980 | 60973 | 60989 | 60964 | 60977 | 60977,67 | | | | | | |
| | 5 | 60989 | 60983 | 60973 | 60957 | 60971 | 60977 | 60975,00 | | | | | | |
| Frame Assy (S7) | 1 | 48064 | 48060 | 48058 | 48057 | 48059 | 48063 | 48060,17 | 48076,27 | 15,88 | 48108 | 48044,5 | Seragam | |
| | 2 | 48075 | 48091 | 48079 | 48101 | 48065 | 48063 | 48079,00 | | | | | | |
| | 3 | 48057 | 48101 | 48064 | 48057 | 48082 | 48096 | 48076,17 | | | | | | |
| | 4 | 48088 | 48072 | 48078 | 48095 | 48103 | 48071 | 48084,50 | | | | | | |
| | 5 | 48089 | 48105 | 48068 | 48086 | 48061 | 48080 | 48081,50 | | | | | | |
| Equalizer (S8) | 1 | 36689 | 36664 | 36673 | 36688 | 36664 | 36688 | 36677,67 | 36679,17 | 12,91 | 36705 | 36653,3 | Seragam | |
| | 2 | 36690 | 36663 | 36669 | 36679 | 36656 | 36662 | 36669,83 | | | | | | |
| | 3 | 36668 | 36700 | 36695 | 36681 | 36671 | 36688 | 36683,83 | | | | | | |
| | 4 | 36659 | 36666 | 36689 | 36682 | 36688 | 36698 | 36680,33 | | | | | | |
| | 5 | 36681 | 36668 | 36698 | 36679 | 36690 | 36689 | 36684,17 | | | | | | |
| Frame Extension (S9) | 1 | 29500 | 29493 | 29479 | 29505 | 29495 | 29489 | 29493,50 | 29478,13 | 16,19 | 29510,5 | 29445,8 | Seragam | |
| | 2 | 29462 | 29465 | 29455 | 29487 | 29462 | 29461 | 29465,33 | | | | | | |
| | 3 | 29468 | 29477 | 29485 | 29458 | 29468 | 29500 | 29476,00 | | | | | | |
| | 4 | 29488 | 29455 | 29464 | 29477 | 29471 | 29490 | 29474,17 | | | | | | |
| | 5 | 29460 | 29476 | 29500 | 29504 | 29491 | 29459 | 29481,67 | | | | | | |
| Belt Guard (S10) | 1 | 27664 | 27695 | 27697 | 27689 | 27683 | 27656 | 27680,67 | 27682,30 | 14,46 | 27711,2 | 27653,4 | Seragam | |
| | 2 | 27689 | 27666 | 27670 | 27680 | 27702 | 27658 | 27677,50 | | | | | | |
| | 3 | 27669 | 27688 | 27675 | 27686 | 27687 | 27679 | 27680,67 | | | | | | |
| | 4 | 27700 | 27656 | 27666 | 27702 | 27678 | 27673 | 27679,17 | | | | | | |
| | 5 | 27685 | 27701 | 27703 | 27692 | 27683 | 27697 | 27693,50 | | | | | | |
| Counter Weight (S11) | 1 | 16899 | 16864 | 16869 | 16884 | 16876 | 16904 | 16882,67 | 16883,10 | 15,61 | 16914,3 | 16851,9 | Seragam | |
| | 2 | 16895 | 16860 | 16872 | 16875 | 16891 | 16898 | 16881,83 | | | | | | |
| | 3 | 16886 | 16863 | 16897 | 16857 | 16857 | 16903 | 16877,17 | | | | | | |
| | 4 | 16892 | 16898 | 16894 | 16892 | 16904 | 16875 | 16892,50 | | | | | | |
| | 5 | 16872 | 16899 | 16897 | 16887 | 16874 | 16859 | 16881,33 | | | | | | |

2. Penentuan *rating factor* dan *allowance*

Waktu normal diperoleh dengan menambahkan *rating factor*. Tenaga kerja pada bagian produksi memiliki kemampuan kerja normal sehingga $p = 1$. Sedangkan waktu standar diperoleh dengan menambahkan *allowance*. Penentuan *allowance* dilakukan secara subjektif dengan menggunakan metode *westinghouse*. Besarnya nilai *allowance* untuk setiap stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 3.16.

Tabel 3.16. Allowance Tiap Stasiun Kerja

| Stasiun Kerja | Faktor | Kelonggaran (%) | Total (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| Pitman (S1) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 18,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 2,00 | |
| | Keadaan temperatur | 2,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| Horse Head (S2) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 17,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 2,00 | |
| | Keadaan temperatur | 1,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| Samson Post Front (S3) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 18,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 2,00 | |
| | Keadaan temperatur | 2,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |

Tabel 3.16. Allowance Tiap Stasiun Kerja (Sambungan)

| Stasiun Kerja | Faktor | Kelonggaran (%) | Total (%) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| <i>Samson Post Rear (S4)</i> | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 20,50 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 5,50 | |
| | Kedadaan temperatur | 1,00 | |
| | Kedadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Kedadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| <i>Walking Beam Assy (S5)</i> | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 20,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 5,00 | |
| | Kedadaan temperatur | 1,00 | |
| | Kedadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Kedadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| <i>Gear Reducer Assy (S6)</i> | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 19,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 1,00 | |
| | Kelelahan mata | 5,00 | |
| | Kedadaan temperatur | 1,00 | |
| | Kedadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Kedadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| <i>Frame Assy (S7)</i> | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 18,50 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 5,50 | |
| | Kedadaan temperatur | 1,00 | |
| | Kedadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Kedadaan lingkungan | 1,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| <i>Equalizer (S8)</i> | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 19,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 4,00 | |
| | Kedadaan temperatur | 1,00 | |
| | Kedadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Kedadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |

Tabel 3.16. Allowance Tiap Stasiun Kerja (Sambungan)

| Stasiun Kerja | Faktor | Kelonggaran (%) | Total (%) |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| Frame Extension (S9) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 20,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 2,00 | |
| | Kelelahan mata | 5,00 | |
| | Keadaan temperatur | 1,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| Belt Guard (S10) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 16,50 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 1,00 | |
| | Kelelahan mata | 4,50 | |
| | Keadaan temperatur | 1,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 1,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |
| Counter Weight (S11) | Tenaga yang dikeluarkan | 6,00 | 15,00 |
| | Sikap kerja | 1,00 | |
| | Gerakan kerja | 1,00 | |
| | Kelelahan mata | 1,00 | |
| | Keadaan temperatur | 1,00 | |
| | Keadaan atmosfer | 1,00 | |
| | Keadaan lingkungan | 3,00 | |
| | Kebutuhan pribadi | 1,00 | |

3. Perhitungan waktu normal dan waktu standar
- a. Waktu normal, perhitungan waktu normal stasiun kerja perakitan *pitman* (S1) tipe C25 adalah:

$$W_n = \text{waktu siklus rata-rata} \times (\text{rating factor}) \quad (3.9)$$

$$W_n = 39272,83 \times 1 = 39272,83 \text{ detik}$$

- b. Waktu standar

Perhitungan waktu standar stasiun kerja perakitan *pitman* (S1) tipe C25 adalah:

$$W_s = W_n \times (1 + \text{allowance}) \quad (3.10)$$

$$W_s = 39272,83 \times (1 + 0,18) = 46341,94 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan waktu normal dan waktu standar untuk setiap stasiun kerja *pumping unit* dapat dilihat pada tabel 3.17.

Tabel 3.17. Waktu Normal dan Waktu Standar pada Setiap Stasiun Kerja

| Stasiun Kerja | Wn | | | Ws | | |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | C25 | C114 | C228 | C25 | C114 | C228 |
| Pitman (S1) | 39272,83 | 39047,70 | 39077,90 | 46341,94 | 46076,29 | 46111,92 |
| Horse Head (S2) | 27877,07 | 27649,97 | 27678,60 | 32616,17 | 32350,46 | 32383,96 |
| Samson Post Front (S3) | 30274,63 | 30051,30 | 30080,57 | 35724,07 | 35460,53 | 35495,07 |
| Samson Post Rear (S4) | 29071,93 | 28850,63 | 28882,70 | 35031,68 | 34765,01 | 34803,65 |
| Walking Beam Assy (S5) | 70477,27 | 70252,20 | 70276,50 | 84572,72 | 84302,64 | 84331,80 |
| Gear Reducer Assy (S6) | 61176,27 | 60950,67 | 60977,20 | 72799,76 | 72531,29 | 72562,87 |
| Frame Assy (S7) | 48280,40 | 48051,80 | 48076,27 | 57212,27 | 56941,38 | 56970,38 |
| Equalizer (S8) | 36878,33 | 36648,40 | 36679,17 | 43885,22 | 43611,60 | 43648,21 |
| Frame Extension (S9) | 29676,47 | 29450,27 | 29478,13 | 35611,76 | 35340,32 | 35373,76 |
| Belt Guard (S10) | 27872,73 | 27653,07 | 27682,30 | 32471,73 | 32215,82 | 32249,88 |
| Counter Weight (S11) | 17076,30 | 16847,43 | 16883,10 | 19637,75 | 19374,55 | 19415,57 |

4. Formulasi fungsi kendala pertama

Fungsi kendala pertama merupakan ketersediaan jam kerja tenaga kerja (orang). Diasumsikan bahwa jumlah waktu standar tenaga kerja di setiap stasiun kerja harus lebih kecil atau sama dengan jam kerja yang tersedia.

Sehingga formulasi fungsi kendala pertama ini adalah:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \leq Y_k &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq Y_1 \\
 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq Y_2 \\
 &= a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq Y_k
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

Dimana:

a_{ij} = waktu standar di stasiun kerja i untuk jenis *pumping unit* ke- j

X_{ij} = jumlah produksi optimal (variabel keputusan jenis *spring bed* ke- j)

Y_k = jam tenaga kerja tersedia pada bulan ke- k

i = stasiun kerja, $i = 1, 2, \dots, m$

j = jenis *pumping unit* $j = 1, 2, \dots, n$

Jumlah jam tenaga kerja yang tersedia (Y) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Jumlah tenaga kerja (orang) per stasiun kerja x Waktu kerja tersedia (3.12)

Dimana jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 3.5. jam kerja tersedia dapat dilihat pada tabel 3.6. Sebagai contoh jumlah jam kerja yang tersedia stasiun kerja perakitan *pitman* tipe C25 pada bulan September 2010 adalah:

Jumlah jam kerja tersedia = $5 \times 60480 = 3024000$ detik.

Rekapitulasi untuk jumlah jam kerja orang tersedia untuk setiap stasiun kerja pada bulan September – Desember 2010 dapat dilihat pada tabel 3.18.

Tabel 3.18. Ketersediaan Jam Kerja Orang Bulan September-Desember 2010

| No | Departemen Produksi | Jumlah Tenaga Kerja | Ketersediaan Jam Kerja Orang (detik) | | | |
|----|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------|----------|----------|
| | | | September | Oktober | November | Desember |
| 1 | <i>Pitman (S1)</i> | 5 | 2016000 | 3024000 | 3168000 | 3168000 |
| 2 | <i>Horsehead (S2)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 3 | <i>Samson Post Front (S3)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 4 | <i>Samson Post Rear (S4)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 5 | <i>Walking Beam Assembly (S5)</i> | 12 | 4838400 | 7257600 | 7603200 | 7603200 |
| 6 | <i>Gear Reducer Assembly (S6)</i> | 12 | 4838400 | 7257600 | 7603200 | 7603200 |
| 7 | <i>Frame Assembly (S7)</i> | 5 | 2016000 | 3024000 | 3168000 | 3168000 |
| 8 | <i>Equalizer (S8)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 9 | <i>Frame Extension (S9)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 10 | <i>Belt Guard (S10)</i> | 3 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| 11 | <i>Counter Weight (S11)</i> | 2 | 806400 | 1209600 | 1267200 | 1267200 |

Sehingga formulasi kendala ketersediaan jam kerja tenaga kerja (orang) untuk bulan September 2010 adalah:

$$S_1 : 46341,94X_1 + 46076,29X_2 + 46111,92X_3 \leq 2016000 \quad (3.13)$$

$$S_2 : 32616,17X_1 + 32350,46X_2 + 32383,96X_3 \leq 1209600 \quad (3.14)$$

$$S_3 : 35724,07X_1 + 35460,53X_2 + 35495,07X_3 \leq 1209600 \quad (3.15)$$

$$S_4 : 35031,68X_1 + 34765,01X_2 + 34803,65X_3 \leq 1209600 \quad (3.16)$$

$$S_5 : 84572,72X_1 + 84302,64X_2 + 84331,80X_3 \leq 4838400 \quad (3.17)$$

$$S_6 : 72799,76X_1 + 72531,29X_2 + 72562,87X_3 \leq 4838400 \quad (3.18)$$

$$S_7 : 57212,27X_1 + 56941,38X_2 + 56970,38X_3 \leq 2016000 \quad (3.19)$$

$$S_8 : 43885,22X_1 + 43611,60X_2 + 43648,21X_3 \leq 1209600 \quad (3.20)$$

$$S_9 : 35611,76X_1 + 35340,32X_2 + 35373,76X_3 \leq 1209600 \quad (3.21)$$

$$S_{10} : 32471,73X_1 + 32215,82X_2 + 32249,88X_3 \leq 1209600 \quad (3.22)$$

$$S_{11} : 19637,75X_1 + 19374,55X_2 + 19415,57X_3 \leq 806400 \quad (3.23)$$

3.2.3 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Kedua

Fungsi kendala kedua merupakan ketersediaan bahan baku. Diasumsikan bahwa jumlah pemakaian bahan baku harus lebih kecil atau sama dengan ketersediaan bahan baku di gudang setiap bulan. Formulasi yang digunakan untuk merumuskan fungsi kendala kedua ini adalah:

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n d_{ij}X_j \leq K_l &= d_{11}X_1 + d_{12}X_2 + \dots + d_{1n}X_n \leq K_1 \\
&= d_{21}X_1 + d_{22}X_2 + \dots + d_{2n}X_n \leq K_2 \\
&= d_{m1}X_1 + d_{m2}X_2 + \dots + d_{mn}X_n \leq K_l
\end{aligned}
\tag{3.24}$$

Dimana:

d_{ij} = jumlah pemakaian bahan baku i untuk jenis *pumping unit* ke- j

X_j = jumlah produksi optimal (variabel keputusan jenis *pumping unit* ke- j)

K_l = rata-rata ketersediaan bahan baku di gudang bulan ke- l

j = jenis *pumping unit*, $j = 1, 2, \dots, n$

i = jenis bahan baku, $j = 1, 2, \dots, m$

Gudang memiliki kapasitas terbatas untuk bahan baku pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\emptyset = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13. Hal ini disebabkan biaya simpan tinggi untuk ketiga jenis bahan ini. Selain itu, bahan baku pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\emptyset = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13 juga sering mengalami kendala dalam persediaan karena harus menunggu pengiriman. Sementara bahan-bahan lainnya tidak memiliki kendala dalam kapasitas gudang dan juga dalam persediaan bahan di gudang. Oleh karena itu, kapasitas bahan yang menjadi kendala penelitian ini adalah pelat T = 4,5 mm, *roller bearing* (RB) $\emptyset = 16$ mm, dan *wide flange* (WF) 400 x 200 x 8 x 13.

Data pemakaian bahan baku yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.8. Sebagai contoh untuk bahan baku pelat T = 4,5 mm, tipe C25, C114, dan C228 memerlukan 0,1, 0,04, dan 0,33 pelat dari 1 lembar. Dimana untuk bahan baku pelat T = 4,5 mm memiliki kapasitas gudang sebanyak 10 lembar, tabel kapasitas gudang dapat dilihat pada tabel 3.9. Sehingga formulasi fungsi kendala pemakaian bahan baku untuk satu unit *pumping unit* tiap bulannya adalah:

$$\text{Pelat T = 4,5 mm} : 0,10X_1 + 0,04X_2 + 0,33X_3 \leq 10 \tag{3.25}$$

$$\text{Roller bearing (RB) } \emptyset = 16 \text{ mm} : 0,00X_1 + 1,00X_2 + 0,33X_3 \leq 50 \tag{3.26}$$

$$\text{Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13} : 0,30X_1 + 0,24X_2 + 0,67X_3 \leq 35 \tag{3.27}$$

3.2.4 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Ketiga

Peramalan permintaan menggunakan data historis permintaan pada bulan Januari 2007 – Agustus 2010. Peramalan ini dilakukan untuk melihat besarnya kemungkinan permintaan terhadap *pumping unit* pada September-Desember 2010.

Hasil peramalan ini digunakan sebagai fungsi pembatas untuk kendala ketiga yaitu target produksi *pumping unit*.

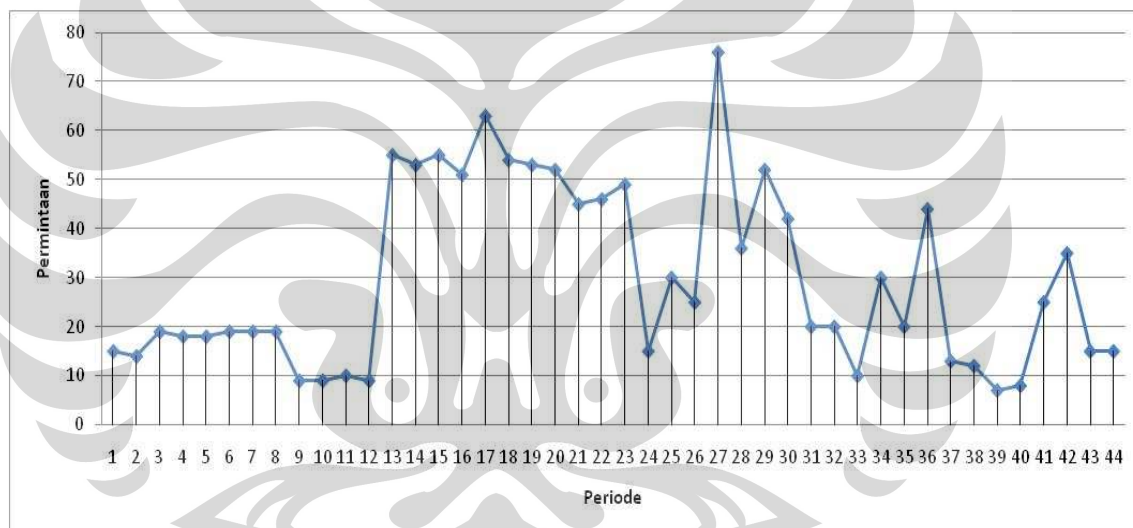
Berikut adalah langkah-langkah peramalan:

1. Mendenisiskan tujuan peramalan

Tujuan dari peramalan adalah menentukan besarnya permintaan terhadap tiap *pumping unit* tahun 2010.

2. Membuat diagram pencar

Pembuatan diagram pencar berguna untuk melihat pola atau tren perkembangan jumlah permintaan. Diagram pencar untuk penjualan *pumping unit* tipe C114 pada Januari 2007 – Agustus 2010 berdasarkan tabel 3.7. dapat dilihat pada gambar 5.2.



**Gambar 3.2. Diagram Pencar Penjualan Pumping Unit Tipe C114
Januari 2007- Agustus 2010**

3. Memilih beberapa metode peramalan

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

4. Menghitung parameter fungsi peramalan

Perhitungan parameter peramalan untuk *pumping unit* C114 dapat dilihat sebagai berikut:

a. Metode konstan

$$\text{Fungsi peramalan : } Y = a = \frac{\sum y}{n} \quad (3.28)$$

Perhitungan parameter peramalan metode konstan dapat dilihat pada tabel 3.19.

$$Y = a = \frac{\sum y}{n} = \frac{1304}{44} = 29,63636 \approx 30 \quad (3.29)$$

Fungsi peramalannya adalah: $Y = 30$ unit

b. Metode linier

$$\text{Persamaan : } Y = a + bX \quad (3.30)$$

Perhitungan parameter peramalan metode linier dapat dilihat pada tabel 3.20.

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{(44 \times 29134) - (990 \times 1304)}{(44 \times 29370) - 990^2} = -0,02903 \quad (3.31)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{1304 - (-0,02903 \times 990)}{44} = 30,28964 \quad (3.32)$$

Sehingga fungsi persamaannya:

$$Y = 30,28964 + (-0,02903)X \quad (3.33)$$

Perhitungan parameter fungsi persamaan peramalan metode linier dapat dilihat pada tabel 3.21.

Hasil peramalan *pumping unit* C114 untuk bulan September – Desember 2010 dengan menggunakan metode kuadratis, yaitu:

- September = 31 unit
- Oktober = 31 unit
- November = 31 unit
- Desember = 31 unit

c. Metode kuadratis

$$\text{Persamaan : } Y = a + bX + cX^2 \quad (3.34)$$

Perhitungan parameter peramalan metode kuadratis dapat dilihat pada tabel 3.22.

$$\alpha = \sum X \sum X^2 - n \sum X^3 = (990 \times 29370) - (44 \times 980100) \\ = -14048100 \quad (3.35)$$

$$\beta = (\sum X)^2 - n \sum X^2 = 990^2 - (44 \times 29370) = -312180 \quad (3.36)$$

$$\gamma = (\sum X^2)^2 - n \sum X^4 = 29370^2 - (44 \times 34885686) \\ = -672373284 \quad (3.37)$$

$$\delta = \sum X \sum Y - n \sum XY = (990 \times 1304) - (44 \times 29134) = 9064 \quad (3.38)$$

$$\begin{aligned} \theta &= \sum X^2 \sum Y - n \sum X^2 Y = (29370 \times 1304) - (44 \times 792082) \\ &= 3446872 \end{aligned} \quad (3.39)$$

$$b = \frac{\gamma\delta - \theta\alpha}{\gamma\beta - \alpha^2} = \frac{(-672373284 \times 9064) - (3446872 \times (-14048100))}{(-672373284 \times (-3121800)) - (-14048100)^2} = 3,3721 \quad (3.40)$$

$$c = \frac{\theta - b\alpha}{\gamma} = \frac{3446872 - (3,3721 \times (-14048100))}{-672373284} = -0,0756 \quad (3.41)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X - c \sum X^2}{n} = \frac{1304 - (3,3721 \times 990) - (-0,0756 \times 29370)}{44} = 4,2144 \quad (3.42)$$

Sehingga fungsi persamaannya:

$$Y = 4,2144 + 3,3721X + (-0,0756)X^2 \quad (3.43)$$

Perhitungan parameter fungsi persamaan peramalan metode kuadratis dapat dilihat pada tabel 3.23.

Hasil peramalan *pumping unit* C114 untuk bulan September – Desember 2010 dengan menggunakan metode kuadratis, yaitu:

- September = 8 unit
- Oktober = 11 unit
- November = 14 unit
- Desember = 17 unit

d. Metode dekomposisi

Perhitungan parameter dan hasil peramalan metode dekomposisi dan MSE (*Mean Square Error*) dihitung menggunakan *software ExcelOM2* (*Excel Operation Manangement 2*), dapat dilihat pada gambar 3.3.

Hasil peramalan *pumping unit* C114 untuk bulan September – Desember 2010 dengan menggunakan metode dekomposisi, yaitu:

- September = 30 unit
- Oktober = 31 unit
- November = 31 unit
- Desember = 26 unit

e. Metode pemulusan eksponensial

Perhitungan parameter dan hasil peramalan untuk metode pemulusan eksponensial dihitung menggunakan *MINITAB14*, dapat dilihat pada gambar 3.4.

Hasil peramalan *pumping unit* C114 untuk bulan September – Desember 2010 dengan menggunakan metode dekomposisi, yaitu:

- September = 16 unit
- Oktober = 16 unit
- November = 16 unit
- Desember = 16 unit

5. Menghitung kesalahan setiap metode peramalan

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

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n} \quad (3.44)$$

Perhitungan parameter MSE untuk setiap metode, dapat dilihat pada tabel 3.24., 3.25., 3.26., 3.27.

Rekapitulasi hasil perhitungan MSE untuk setiap metode peramalan yang dipakai untuk *pumping unit* C114 dapat dilihat sebagai berikut:

a. $MSE_{konstan} = \frac{14762}{44} = 335,04$

b. $MSE_{linier} = \frac{14756,2}{44} = 335,37$

c. $MSE_{kuadratis} = \frac{9536,02}{44} = 216,728$

d. $MSE_{dekomposisi} = 331,2002$

e. $MSE_{pemulusan\ eksponensial} = \frac{10588,4}{44} = 240,646$

6. Memilih metode dengan kesalahan terkecil

Pemilihan metode peramalan dilakukan dengan memilih nilai MSE terkecil. Maka metode peramalan yang dipilih untuk *pumping unit* tipe C114 adalah metode kuadratis.

**Tabel 3.19. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Konstan
Pumping Unit Tipe C114**

| X | Y |
|-----|------|
| 1 | 15 |
| 2 | 14 |
| 3 | 19 |
| 4 | 18 |
| 5 | 18 |
| 6 | 19 |
| 7 | 19 |
| 8 | 19 |
| 9 | 9 |
| 10 | 9 |
| 11 | 10 |
| 12 | 9 |
| 13 | 55 |
| 14 | 53 |
| 15 | 55 |
| 16 | 51 |
| 17 | 63 |
| 18 | 54 |
| 19 | 53 |
| 20 | 52 |
| 21 | 45 |
| 22 | 46 |
| 23 | 49 |
| 24 | 15 |
| 25 | 30 |
| 26 | 25 |
| 27 | 76 |
| 28 | 36 |
| 29 | 52 |
| 30 | 42 |
| 31 | 20 |
| 32 | 20 |
| 33 | 10 |
| 34 | 30 |
| 35 | 20 |
| 36 | 44 |
| 37 | 13 |
| 38 | 12 |
| 39 | 7 |
| 40 | 8 |
| 41 | 25 |
| 42 | 35 |
| 43 | 15 |
| 44 | 15 |
| 990 | 1304 |

**Tabel 3.20. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Linier
Pumping Unit Tipe C114**

| X | Y | XY | X ² |
|------------|-------------|--------------|----------------|
| 1 | 15 | 15 | 1 |
| 2 | 14 | 28 | 4 |
| 3 | 19 | 57 | 9 |
| 4 | 18 | 72 | 16 |
| 5 | 18 | 90 | 25 |
| 6 | 19 | 114 | 36 |
| 7 | 19 | 133 | 49 |
| 8 | 19 | 152 | 64 |
| 9 | 9 | 81 | 81 |
| 10 | 9 | 90 | 100 |
| 11 | 10 | 110 | 121 |
| 12 | 9 | 108 | 144 |
| 13 | 55 | 715 | 169 |
| 14 | 53 | 742 | 196 |
| 15 | 55 | 825 | 225 |
| 16 | 51 | 816 | 256 |
| 17 | 63 | 1071 | 289 |
| 18 | 54 | 972 | 324 |
| 19 | 53 | 1007 | 361 |
| 20 | 52 | 1040 | 400 |
| 21 | 45 | 945 | 441 |
| 22 | 46 | 1012 | 484 |
| 23 | 49 | 1127 | 529 |
| 24 | 15 | 360 | 576 |
| 25 | 30 | 750 | 625 |
| 26 | 25 | 650 | 676 |
| 27 | 76 | 2052 | 729 |
| 28 | 36 | 1008 | 784 |
| 29 | 52 | 1508 | 841 |
| 30 | 42 | 1260 | 900 |
| 31 | 20 | 620 | 961 |
| 32 | 20 | 640 | 1024 |
| 33 | 10 | 330 | 1089 |
| 34 | 30 | 1020 | 1156 |
| 35 | 20 | 700 | 1225 |
| 36 | 44 | 1584 | 1296 |
| 37 | 13 | 481 | 1369 |
| 38 | 12 | 456 | 1444 |
| 39 | 7 | 273 | 1521 |
| 40 | 8 | 320 | 1600 |
| 41 | 25 | 1025 | 1681 |
| 42 | 35 | 1470 | 1764 |
| 43 | 15 | 645 | 1849 |
| 44 | 15 | 660 | 1936 |
| 990 | 1304 | 29134 | 29370 |

Tabel 3.21. Perhitungan Parameter Fungsi Persamaan Peramalan Metode Linier *Pumping Unit* Tipe C114

| b | -0,02903 | |
|-----------|----------|--------------|
| a | 30,28964 | |
| Persamaan | | $Y = a + bX$ |
| X | Y' | Y'' |
| 1 | 30,26061 | 31 |
| 2 | 30,23157 | 31 |
| 3 | 30,20254 | 31 |
| 4 | 30,1735 | 31 |
| 5 | 30,14447 | |
| 6 | 30,11543 | |
| 7 | 30,0864 | |
| 8 | 30,05736 | |
| 9 | 30,02833 | |
| 10 | 29,9993 | |
| 11 | 29,97026 | |
| 12 | 29,94123 | |
| 13 | 29,91219 | |
| 14 | 29,88316 | |
| 15 | 29,85412 | |
| 16 | 29,82509 | |
| 17 | 29,79605 | |
| 18 | 29,76702 | |
| 19 | 29,73798 | |
| 20 | 29,70895 | |
| 21 | 29,67992 | |
| 22 | 29,65088 | |
| 23 | 29,62185 | |
| 24 | 29,59281 | |
| 25 | 29,56378 | |
| 26 | 29,53474 | |
| 27 | 29,50571 | |
| 28 | 29,47667 | |
| 29 | 29,44764 | |
| 30 | 29,4186 | |
| 31 | 29,38957 | |
| 32 | 29,36054 | |
| 33 | 29,3315 | |
| 34 | 29,30247 | |
| 35 | 29,27343 | |
| 36 | 29,2444 | |
| 37 | 29,21536 | |
| 38 | 29,18633 | |
| 39 | 29,15729 | |
| 40 | 29,12826 | |
| 41 | 29,09922 | |
| 42 | 29,07019 | |
| 43 | 29,04116 | |
| 44 | 29,01212 | |

**Tabel 3.22. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Kuadratis
Pumping Unit Tipe C114**

| X | Y | XY | X ² | X ³ | X ⁴ | X ² Y |
|-----|------|-------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| 1 | 15 | 15 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 2 | 14 | 28 | 4 | 8 | 16 | 56 |
| 3 | 19 | 57 | 9 | 27 | 81 | 171 |
| 4 | 18 | 72 | 16 | 64 | 256 | 288 |
| 5 | 18 | 90 | 25 | 125 | 625 | 450 |
| 6 | 19 | 114 | 36 | 216 | 1296 | 684 |
| 7 | 19 | 133 | 49 | 343 | 2401 | 931 |
| 8 | 19 | 152 | 64 | 512 | 4096 | 1216 |
| 9 | 9 | 81 | 81 | 729 | 6561 | 729 |
| 10 | 9 | 90 | 100 | 1000 | 10000 | 900 |
| 11 | 10 | 110 | 121 | 1331 | 14641 | 1210 |
| 12 | 9 | 108 | 144 | 1728 | 20736 | 1296 |
| 13 | 55 | 715 | 169 | 2197 | 28561 | 9295 |
| 14 | 53 | 742 | 196 | 2744 | 38416 | 10388 |
| 15 | 55 | 825 | 225 | 3375 | 50625 | 12375 |
| 16 | 51 | 816 | 256 | 4096 | 65536 | 13056 |
| 17 | 63 | 1071 | 289 | 4913 | 83521 | 18207 |
| 18 | 54 | 972 | 324 | 5832 | 104976 | 17496 |
| 19 | 53 | 1007 | 361 | 6859 | 130321 | 19133 |
| 20 | 52 | 1040 | 400 | 8000 | 160000 | 20800 |
| 21 | 45 | 945 | 441 | 9261 | 194481 | 19845 |
| 22 | 46 | 1012 | 484 | 10648 | 234256 | 22264 |
| 23 | 49 | 1127 | 529 | 12167 | 279841 | 25921 |
| 24 | 15 | 360 | 576 | 13824 | 331776 | 8640 |
| 25 | 30 | 750 | 625 | 15625 | 390625 | 18750 |
| 26 | 25 | 650 | 676 | 17576 | 456976 | 16900 |
| 27 | 76 | 2052 | 729 | 19683 | 531441 | 55404 |
| 28 | 36 | 1008 | 784 | 21952 | 614656 | 28224 |
| 29 | 52 | 1508 | 841 | 24389 | 707281 | 43732 |
| 30 | 42 | 1260 | 900 | 27000 | 810000 | 37800 |
| 31 | 20 | 620 | 961 | 29791 | 923521 | 19220 |
| 32 | 20 | 640 | 1024 | 32768 | 1048576 | 20480 |
| 33 | 10 | 330 | 1089 | 35937 | 1185921 | 10890 |
| 34 | 30 | 1020 | 1156 | 39304 | 1336336 | 34680 |
| 35 | 20 | 700 | 1225 | 42875 | 1500625 | 24500 |
| 36 | 44 | 1584 | 1296 | 46656 | 1679616 | 57024 |
| 37 | 13 | 481 | 1369 | 50653 | 1874161 | 17797 |
| 38 | 12 | 456 | 1444 | 54872 | 2085136 | 17328 |
| 39 | 7 | 273 | 1521 | 59319 | 2313441 | 10647 |
| 40 | 8 | 320 | 1600 | 64000 | 2560000 | 12800 |
| 41 | 25 | 1025 | 1681 | 68921 | 2825761 | 42025 |
| 42 | 35 | 1470 | 1764 | 74088 | 3111696 | 61740 |
| 43 | 15 | 645 | 1849 | 79507 | 3418801 | 27735 |
| 44 | 15 | 660 | 1936 | 85184 | 3748096 | 29040 |
| 990 | 1304 | 29134 | 29370 | 980100 | 34885686 | 792082 |

Tabel 3.23. Perhitungan Parameter Fungsi Persamaan Peramalan Metode Kuadratis *Pumping Unit* Tipe C114

| | |
|----------|----------|
| α | -1,4E+07 |
| β | -312180 |
| γ | -6,7E+08 |
| δ | 9064 |
| θ | 3446872 |
| b | 3,372079 |
| c | -0,07558 |
| a | 4,214437 |

Persamaan $Y = a + bX + cX^2$

| X | Y' | Y'' |
|----|----------|-----|
| 1 | 7,510935 | 8 |
| 2 | 10,65627 | 11 |
| 3 | 13,65045 | 14 |
| 4 | 16,49347 | 17 |
| 5 | 19,18532 | |
| 6 | 21,72602 | |
| 7 | 24,11556 | |
| 8 | 26,35393 | |
| 9 | 28,44114 | |
| 10 | 30,3772 | |
| 11 | 32,16209 | |
| 12 | 33,79582 | |
| 13 | 35,27839 | |
| 14 | 36,6098 | |
| 15 | 37,79005 | |
| 16 | 38,81914 | |
| 17 | 39,69707 | |
| 18 | 40,42384 | |
| 19 | 40,99945 | |
| 20 | 41,4239 | |
| 21 | 41,69718 | |
| 22 | 41,81931 | |
| 23 | 41,79027 | |
| 24 | 41,61008 | |
| 25 | 41,27872 | |
| 26 | 40,79621 | |
| 27 | 40,16253 | |
| 28 | 39,37769 | |
| 29 | 38,4417 | |
| 30 | 37,35454 | |
| 31 | 36,11622 | |
| 32 | 34,72674 | |
| 33 | 33,1861 | |
| 34 | 31,4943 | |
| 35 | 29,65133 | |
| 36 | 27,65721 | |
| 37 | 25,51193 | |
| 38 | 23,21548 | |
| 39 | 20,76788 | |
| 40 | 18,16912 | |
| 41 | 15,41919 | |
| 42 | 12,5181 | |
| 43 | 9,465858 | |
| 44 | 6,262451 | |

| Forecasting | | Multiplicative decomposition | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|---|----------|----------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|----------------|----------|----------|
| 4 seasons | | Enter past demands in the data area. Do not change the time | | | | | | | | | | | |
| Data | | | | | | | | | | | Error analysis | | |
| Period | Demand (y) | Time (x) | Average | Ratio | Seasonal | Smoothed | Unadjusted | Adjusted | Error | Error | Error^2 | | |
| Period 1 | 15 | 1 | 29,63636 | 0,506135 | 1,027607 | 14,59701 | 30,08954 | 30,92024 | -15,9202 | 15,92024 | 253,4539 | | |
| Period 2 | 14 | 2 | 29,63636 | 0,472393 | 1,039877 | 13,46313 | 30,06847 | 31,26752 | -17,2675 | 17,26752 | 298,1671 | | |
| Period 3 | 19 | 3 | 29,63636 | 0,641104 | 1,052147 | 18,05831 | 30,04739 | 31,61428 | -12,6143 | 12,61428 | 159,12 | | |
| Period 4 | 18 | 4 | 29,63636 | 0,607362 | 0,880368 | 20,44599 | 30,02631 | 26,43421 | -8,43421 | 8,434205 | 71,13582 | | |
| Period 5 | 18 | 5 | 29,63636 | 0,607362 | 1,027607 | 17,51642 | 30,00523 | 30,8336 | -12,8336 | 12,8336 | 164,7012 | | |
| Period 6 | 19 | 6 | 29,63636 | 0,641104 | 1,039877 | 18,27139 | 29,98415 | 31,17984 | -12,1798 | 12,17984 | 148,3485 | | |
| Period 7 | 19 | 7 | 29,63636 | 0,641104 | 1,052147 | 18,05831 | 29,96308 | 31,52557 | -12,5256 | 12,52557 | 156,8898 | | |
| Period 8 | 19 | 8 | 29,63636 | 0,641104 | 0,880368 | 21,58188 | 29,942 | 26,35998 | -7,35998 | 7,359979 | 54,16929 | | |
| Period 9 | 9 | 9 | 29,63636 | 0,303681 | 1,027607 | 8,758209 | 29,92092 | 30,74696 | -21,747 | 21,74696 | 472,9301 | | |
| Period 10 | 9 | 10 | 29,63636 | 0,303681 | 1,039877 | 8,654867 | 29,89984 | 31,09217 | -22,0922 | 22,09217 | 488,0638 | | |
| Period 11 | 10 | 11 | 29,63636 | 0,337423 | 1,052147 | 9,504373 | 29,87876 | 31,43686 | -21,43686 | 21,43686 | 459,5389 | | |
| Period 12 | 9 | 12 | 29,63636 | 0,303681 | 0,880368 | 10,223 | 29,85768 | 26,28575 | -17,28575 | 17,28575 | 298,7972 | | |
| Period 13 | 55 | 13 | 29,63636 | 1,855828 | 1,027607 | 53,52239 | 29,83661 | 30,66032 | -24,33968 | 24,33968 | 592,4202 | | |
| Period 14 | 53 | 14 | 29,63636 | 1,788344 | 1,039877 | 50,96755 | 29,81553 | 31,00449 | -21,99551 | 21,99551 | 483,8024 | | |
| Period 15 | 55 | 15 | 29,63636 | 1,855828 | 1,052147 | 52,27405 | 29,79445 | 31,34815 | -23,65185 | 23,65185 | 559,4101 | | |
| Period 16 | 51 | 16 | 29,63636 | 1,720859 | 0,880368 | 57,93031 | 29,77337 | 26,21153 | -24,78847 | 24,78847 | 614,4684 | | |
| Period 17 | 63 | 17 | 29,63636 | 2,125767 | 1,027607 | 61,30746 | 29,75229 | 30,57368 | -32,42632 | 32,42632 | 1051,466 | | |
| Period 18 | 54 | 18 | 29,63636 | 1,822086 | 1,039877 | 51,9292 | 29,73122 | 30,91682 | -23,08318 | 23,08318 | 532,8334 | | |
| Period 19 | 53 | 19 | 29,63636 | 1,788344 | 1,052147 | 50,37318 | 29,71014 | 31,25944 | -21,74056 | 21,74056 | 472,652 | | |
| Period 20 | 52 | 20 | 29,63636 | 1,754601 | 0,880368 | 59,0662 | 29,68906 | 26,1373 | -25,8627 | 25,8627 | 668,8792 | | |
| Period 21 | 45 | 21 | 29,63636 | 1,518405 | 1,027607 | 43,79104 | 29,66798 | 30,48704 | -14,51296 | 14,51296 | 210,6261 | | |
| Period 22 | 46 | 22 | 29,63636 | 1,552147 | 1,039877 | 44,23599 | 29,6469 | 30,82914 | -15,17086 | 15,17086 | 230,155 | | |
| Period 23 | 49 | 23 | 29,63636 | 1,653374 | 1,052147 | 46,57143 | 29,62582 | 31,17073 | -17,82927 | 17,82927 | 317,8829 | | |
| Period 24 | 15 | 24 | 29,63636 | 0,506135 | 0,880368 | 17,03833 | 29,60475 | 26,06307 | -11,0631 | 11,06307 | 122,3916 | | |
| Period 25 | 30 | 25 | 29,63636 | 1,01227 | 1,027607 | 29,19403 | 29,58367 | 30,4004 | -0,4004 | 0,400395 | 0,160316 | | |
| Period 26 | 25 | 26 | 29,63636 | 0,843558 | 1,039877 | 24,0413 | 29,56259 | 30,74147 | -5,74147 | 5,741466 | 32,96444 | | |
| Period 27 | 76 | 27 | 29,63636 | 2,564417 | 1,052147 | 72,29324 | 29,54151 | 31,08202 | -44,91798 | 44,91798 | 2017,625 | | |
| Period 28 | 36 | 28 | 29,63636 | 1,214724 | 0,880368 | 40,89199 | 29,52043 | 25,98885 | -10,01115 | 10,01115 | 100,2232 | | |
| Period 29 | 52 | 29 | 29,63636 | 1,754601 | 1,027607 | 50,60299 | 29,49936 | 30,31375 | -21,68625 | 21,68625 | 470,2932 | | |
| Period 30 | 42 | 30 | 29,63636 | 1,417178 | 1,039877 | 40,88938 | 29,47828 | 30,65379 | -11,34621 | 11,34621 | 128,7364 | | |
| Period 31 | 20 | 31 | 29,63636 | 0,674847 | 1,052147 | 19,00875 | 29,4572 | 30,99331 | -10,9933 | 10,99331 | 120,8529 | | |
| Period 32 | 20 | 32 | 29,63636 | 0,674847 | 0,880368 | 22,71777 | 29,43612 | 25,91462 | -5,91462 | 5,914622 | 34,98275 | | |
| Period 33 | 10 | 33 | 29,63636 | 0,337423 | 1,027607 | 9,731343 | 29,41504 | 30,22711 | -20,22711 | 20,22711 | 409,1362 | | |
| Period 34 | 30 | 34 | 29,63636 | 1,01227 | 1,039877 | 28,84956 | 29,39396 | 30,56612 | -0,56612 | 0,566117 | 0,320488 | | |
| Period 35 | 20 | 35 | 29,63636 | 0,674847 | 1,052147 | 19,00875 | 29,37289 | 30,9046 | -10,9046 | 10,9046 | 118,9103 | | |
| Period 36 | 44 | 36 | 29,63636 | 1,484663 | 0,880368 | 49,97909 | 29,35181 | 25,8404 | -18,1596 | 18,1596 | 329,7712 | | |
| Period 37 | 13 | 37 | 29,63636 | 0,43865 | 1,027607 | 12,65075 | 29,33073 | 30,14047 | -17,1405 | 17,14047 | 293,7959 | | |
| Period 38 | 12 | 38 | 29,63636 | 0,404908 | 1,039877 | 11,53982 | 29,30965 | 30,47844 | -18,47844 | 18,47844 | 341,4528 | | |
| Period 39 | 7 | 39 | 29,63636 | 0,236196 | 1,052147 | 6,653061 | 29,28857 | 30,81589 | -23,81589 | 23,81589 | 567,1967 | | |
| Period 40 | 8 | 40 | 29,63636 | 0,269939 | 0,880368 | 9,087108 | 29,2675 | 25,76617 | -17,7662 | 17,76617 | 315,6368 | | |
| Period 41 | 25 | 41 | 29,63636 | 0,843558 | 1,027607 | 24,32836 | 29,24642 | 30,05383 | -5,05383 | 5,053834 | 25,54124 | | |
| Period 42 | 35 | 42 | 29,63636 | 1,180982 | 1,039877 | 33,65782 | 29,22534 | 30,39077 | -4,609233 | 4,609233 | 21,24503 | | |
| Period 43 | 15 | 43 | 29,63636 | 0,506135 | 1,052147 | 14,25656 | 29,20426 | 30,72718 | -15,7272 | 15,72718 | 247,3443 | | |
| Period 44 | 15 | 44 | 29,63636 | 0,506135 | 0,880368 | 17,03833 | 29,18318 | 25,69194 | -10,6919 | 10,69194 | 114,3177 | | |
| Average | | | | | | | Intercept | 30,11062 | Total | | -0,04979 | 712,3134 | 14572,81 |
| | | | | | | | Slope | -0,02108 | Bias | | -0,00113 | 16,18894 | 331,2002 |
| | | | | | | | | | MAD | | 19,33033 | | |
| | | | | | | | | | SE | | | | |
| Ratios | | Season 1 | Season 2 | Season 3 | Season 4 | | | | | | | | |
| | | 0,50613497 | 0,472393 | 0,641104 | 0,607362 | | | | | | | | |
| | | 0,60736196 | 0,641104 | 0,641104 | 0,641104 | | | | | | | | |
| | | 0,30368098 | 0,303681 | 0,337423 | 0,303681 | | | | | | | | |
| | | 1,85582822 | 1,788344 | 1,855828 | 1,720859 | | | | | | | | |
| | | 2,12576687 | 1,822086 | 1,788344 | 1,754601 | | | | | | | | |
| | | 1,51840491 | 1,552147 | 1,653374 | 0,506135 | | | | | | | | |
| | | 1,01226994 | 0,843558 | 2,564417 | 1,214724 | | | | | | | | |
| | | 1,75460123 | 1,417178 | 0,674847 | 0,674847 | | | | | | | | |
| | | 0,33742331 | 1,01227 | 0,674847 | 1,484663 | | | | | | | | |
| | | 0,43865031 | 0,404908 | 0,236196 | 0,269939 | | | | | | | | |
| | | 0,84355828 | 1,180982 | 0,506135 | 0,506135 | | | | | | | | |
| Average | | 1,02760736 | 1,039877 | 1,052147 | 0,880368 | | | | | | | | |
| Forecasts | | Unadjusted | Seasonal | Adjusted | | | | | | | | | |
| Period | 45 | 29,162105 | 1,027607 | 29,96719 | | | | | | | | | |
| | 46 | 29,1410268 | 1,039877 | 30,30309 | | | | | | | | | |
| | 47 | 29,1199487 | 1,052147 | 30,63847 | | | | | | | | | |
| | 48 | 29,0988705 | 0,880368 | 25,61772 | | | | | | | | | |

Gambar 3.3. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Dekomposisi dan MSE Pumping Unit Tipe C114

| Y | SMOO1 | LEVEL1 | TREN1 | FITS1 | RESI1 | FORE1 | UPPE1 | LOWE1 |
|----|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|
| 15 | 14,3815 | 14,3815 | 2,15548 | 12,7817 | 2,2183 | 15,9444 | 41,8062 | -9,9174 |
| 14 | 14,7074 | 14,7074 | 2,05012 | 16,537 | -2,537 | 15,6619 | 48,7255 | -17,4017 |
| 19 | 18,3747 | 18,3747 | 2,03879 | 16,7575 | 2,2425 | 15,3794 | 56,2522 | -25,4935 |
| 18 | 18,6729 | 18,6729 | 1,95518 | 20,4135 | -2,4135 | 15,0968 | 64,0968 | -33,9031 |
| 18 | 18,7328 | 18,7328 | 1,86413 | 20,6281 | -2,6281 | | | |
| 19 | 19,4453 | 19,4453 | 1,80881 | 20,5969 | -1,5969 | | | |
| 19 | 19,6285 | 19,6285 | 1,73072 | 21,2541 | -2,2541 | | | |
| 19 | 19,6578 | 19,6578 | 1,64899 | 21,3592 | -2,3592 | | | |
| 9 | 12,4314 | 12,4314 | 1,22264 | 21,3068 | -12,3068 | | | |
| 9 | 10,2977 | 10,2977 | 1,06141 | 13,6541 | -4,6541 | | | |
| 10 | 10,3789 | 10,3789 | 1,01432 | 11,3591 | -1,3591 | | | |
| 9 | 9,6673 | 9,6673 | 0,93141 | 11,3933 | -2,3933 | | | |
| 55 | 42,6198 | 42,6198 | 2,46962 | 10,5987 | 44,4013 | | | |
| 53 | 50,7944 | 50,7944 | 2,74367 | 45,0895 | 7,9105 | | | |
| 55 | 54,5924 | 54,5924 | 2,79432 | 53,538 | 1,462 | | | |
| 51 | 52,7808 | 52,7808 | 2,57306 | 57,3867 | -6,3867 | | | |
| 63 | 60,8681 | 60,8681 | 2,83795 | 55,3538 | 7,6462 | | | |
| 54 | 56,7063 | 56,7063 | 2,5017 | 63,706 | -9,706 | | | |
| 53 | 54,7309 | 54,7309 | 2,28664 | 59,208 | -6,208 | | | |
| 52 | 53,399 | 53,399 | 2,11281 | 57,0176 | -5,0176 | | | |
| 45 | 47,931 | 47,931 | 1,74865 | 55,5118 | -10,5118 | | | |
| 46 | 47,026 | 47,026 | 1,62117 | 49,6796 | -3,6796 | | | |
| 49 | 48,9016 | 48,9016 | 1,6334 | 48,6471 | 0,3529 | | | |
| 15 | 24,908 | 24,908 | 0,40235 | 50,535 | -35,535 | | | |
| 30 | 28,6924 | 28,6924 | 0,56481 | 25,3104 | 4,6896 | | | |
| 25 | 26,187 | 26,187 | 0,41733 | 29,2572 | -4,2572 | | | |
| 76 | 62,2273 | 62,2273 | 2,12856 | 26,6043 | 49,3957 | | | |
| 36 | 43,9063 | 43,9063 | 1,14621 | 64,3558 | -28,3558 | | | |
| 52 | 50,0629 | 50,0629 | 1,3869 | 45,0525 | 6,9475 | | | |
| 42 | 44,6348 | 44,6348 | 1,05953 | 51,4498 | -9,4498 | | | |
| 20 | 27,1642 | 27,1642 | 0,16939 | 45,6944 | -25,6944 | | | |
| 20 | 22,0448 | 22,0448 | -0,08467 | 27,3336 | -7,3336 | | | |
| 10 | 13,3348 | 13,3348 | -0,49901 | 21,9601 | -11,9601 | | | |
| 30 | 25,2142 | 25,2142 | 0,09562 | 12,8358 | 17,1642 | | | |
| 20 | 21,4805 | 21,4805 | -0,08833 | 25,3098 | -5,3098 | | | |
| 44 | 37,6964 | 37,6964 | 0,69488 | 21,3922 | 22,6078 | | | |
| 13 | 20,0797 | 20,0797 | -0,18476 | 38,3913 | -25,3913 | | | |
| 12 | 14,2013 | 14,2013 | -0,45827 | 19,8949 | -7,8949 | | | |
| 7 | 8,8801 | 8,8801 | -0,69187 | 13,743 | -6,743 | | | |
| 8 | 8,0525 | 8,0525 | -0,69839 | 8,1883 | -0,1883 | | | |
| 25 | 20,0799 | 20,0799 | -0,08708 | 7,3541 | 17,6459 | | | |
| 35 | 30,8156 | 30,8156 | 0,43282 | 19,9928 | 15,0072 | | | |
| 15 | 19,5305 | 19,5305 | -0,13008 | 31,2485 | -16,2485 | | | |
| 15 | 16,2269 | 16,2269 | -0,28252 | 19,4004 | -4,4004 | | | |

Gambar 3.4. Perhitungan Parameter Peramalan Metode Pemulusan Eksponensial *Pumping Unit* Tipe C114

Tabel 3.24. Perhitungan MSE Metode Konstan untuk *Pumping Unit* Tipe C114

| X | Y | Y' | Y-Y' | (Y-Y') ² |
|-----|------|----------|----------|---------------------|
| 1 | 15 | 29,63636 | -14,6364 | 214,2231 |
| 2 | 14 | 29,63636 | -15,6364 | 244,4959 |
| 3 | 19 | 29,63636 | -10,6364 | 113,1322 |
| 4 | 18 | 29,63636 | -11,6364 | 135,405 |
| 5 | 18 | 29,63636 | -11,6364 | 135,405 |
| 6 | 19 | 29,63636 | -10,6364 | 113,1322 |
| 7 | 19 | 29,63636 | -10,6364 | 113,1322 |
| 8 | 19 | 29,63636 | -10,6364 | 113,1322 |
| 9 | 9 | 29,63636 | -20,6364 | 425,8595 |
| 10 | 9 | 29,63636 | -20,6364 | 425,8595 |
| 11 | 10 | 29,63636 | -19,6364 | 385,5868 |
| 12 | 9 | 29,63636 | -20,6364 | 425,8595 |
| 13 | 55 | 29,63636 | 25,36364 | 643,314 |
| 14 | 53 | 29,63636 | 23,36364 | 545,8595 |
| 15 | 55 | 29,63636 | 25,36364 | 643,314 |
| 16 | 51 | 29,63636 | 21,36364 | 456,405 |
| 17 | 63 | 29,63636 | 33,36364 | 1113,132 |
| 18 | 54 | 29,63636 | 24,36364 | 593,5868 |
| 19 | 53 | 29,63636 | 23,36364 | 545,8595 |
| 20 | 52 | 29,63636 | 22,36364 | 500,1322 |
| 21 | 45 | 29,63636 | 15,36364 | 236,0413 |
| 22 | 46 | 29,63636 | 16,36364 | 267,7686 |
| 23 | 49 | 29,63636 | 19,36364 | 374,9504 |
| 24 | 15 | 29,63636 | -14,6364 | 214,2231 |
| 25 | 30 | 29,63636 | 0,363636 | 0,132231 |
| 26 | 25 | 29,63636 | -4,63636 | 21,49587 |
| 27 | 76 | 29,63636 | 46,36364 | 2149,587 |
| 28 | 36 | 29,63636 | 6,363636 | 40,49587 |
| 29 | 52 | 29,63636 | 22,36364 | 500,1322 |
| 30 | 42 | 29,63636 | 12,36364 | 152,8595 |
| 31 | 20 | 29,63636 | -9,63636 | 92,8595 |
| 32 | 20 | 29,63636 | -9,63636 | 92,8595 |
| 33 | 10 | 29,63636 | -19,6364 | 385,5868 |
| 34 | 30 | 29,63636 | 0,363636 | 0,132231 |
| 35 | 20 | 29,63636 | -9,63636 | 92,8595 |
| 36 | 44 | 29,63636 | 14,36364 | 206,314 |
| 37 | 13 | 29,63636 | -16,6364 | 276,7686 |
| 38 | 12 | 29,63636 | -17,6364 | 311,0413 |
| 39 | 7 | 29,63636 | -22,6364 | 512,405 |
| 40 | 8 | 29,63636 | -21,6364 | 468,1322 |
| 41 | 25 | 29,63636 | -4,63636 | 21,49587 |
| 42 | 35 | 29,63636 | 5,363636 | 28,7686 |
| 43 | 15 | 29,63636 | -14,6364 | 214,2231 |
| 44 | 15 | 29,63636 | -14,6364 | 214,2231 |
| 990 | 1304 | 1304 | -2,5E-14 | 14762,18 |
| | | | SEE | 18,52853 |
| | | | MSE | 335,5041 |

Tabel 3.25. Perhitungan MSE Metode Linier untuk *Pumping Unit* Tipe C114

| X | Y | Y' | Y-Y' | (Y-Y') ² |
|-----|------|----------|----------|---------------------|
| 1 | 15 | 30,26061 | -15,2606 | 232,8861 |
| 2 | 14 | 30,23157 | -16,2316 | 263,4639 |
| 3 | 19 | 30,20254 | -11,2025 | 125,4968 |
| 4 | 18 | 30,1735 | -12,1735 | 148,1942 |
| 5 | 18 | 30,14447 | -12,1445 | 147,4881 |
| 6 | 19 | 30,11543 | -11,1154 | 123,5529 |
| 7 | 19 | 30,0864 | -11,0864 | 122,9082 |
| 8 | 19 | 30,05736 | -11,0574 | 122,2653 |
| 9 | 9 | 30,02833 | -21,0283 | 442,1907 |
| 10 | 9 | 29,9993 | -20,9993 | 440,9704 |
| 11 | 10 | 29,97026 | -19,9703 | 398,8113 |
| 12 | 9 | 29,94123 | -20,9412 | 438,535 |
| 13 | 55 | 29,91219 | 25,08781 | 629,3981 |
| 14 | 53 | 29,88316 | 23,11684 | 534,3884 |
| 15 | 55 | 29,85412 | 25,14588 | 632,3151 |
| 16 | 51 | 29,82509 | 21,17491 | 448,3769 |
| 17 | 63 | 29,79605 | 33,20395 | 1102,502 |
| 18 | 54 | 29,76702 | 24,23298 | 587,2374 |
| 19 | 53 | 29,73798 | 23,26202 | 541,1214 |
| 20 | 52 | 29,70895 | 22,29105 | 496,8909 |
| 21 | 45 | 29,67992 | 15,32008 | 234,705 |
| 22 | 46 | 29,65088 | 16,34912 | 267,2937 |
| 23 | 49 | 29,62185 | 19,37815 | 375,5128 |
| 24 | 15 | 29,59281 | -14,5928 | 212,9502 |
| 25 | 30 | 29,56378 | 0,436223 | 0,19029 |
| 26 | 25 | 29,53474 | -4,53474 | 20,56389 |
| 27 | 76 | 29,50571 | 46,49429 | 2161,719 |
| 28 | 36 | 29,47667 | 6,523326 | 42,55379 |
| 29 | 52 | 29,44764 | 22,55236 | 508,609 |
| 30 | 42 | 29,4186 | 12,5814 | 158,2915 |
| 31 | 20 | 29,38957 | -9,38957 | 88,16403 |
| 32 | 20 | 29,36054 | -9,36054 | 87,61963 |
| 33 | 10 | 29,3315 | -19,3315 | 373,7069 |
| 34 | 30 | 29,30247 | 0,697533 | 0,486553 |
| 35 | 20 | 29,27343 | -9,27343 | 85,99654 |
| 36 | 44 | 29,2444 | 14,7556 | 217,7278 |
| 37 | 13 | 29,21536 | -16,2154 | 262,938 |
| 38 | 12 | 29,18633 | -17,1863 | 295,3699 |
| 39 | 7 | 29,15729 | -22,1573 | 490,9457 |
| 40 | 8 | 29,12826 | -21,1283 | 446,4033 |
| 41 | 25 | 29,09922 | -4,09922 | 16,80364 |
| 42 | 35 | 29,07019 | 5,92981 | 35,16264 |
| 43 | 15 | 29,04116 | -14,0412 | 197,1541 |
| 44 | 15 | 29,01212 | -14,0121 | 196,3395 |
| 990 | 1304 | 1304 | -1,7E-13 | 14756,2 |
| | | | SEE | 18,52478 |
| | | | MSE | 335,3682 |

Tabel 3.26. Perhitungan MSE Metode Kuadratis untuk *Pumping Unit* Tipe C114

| X | Y | Y' | Y-Y' | (Y-Y') ² |
|-----|------|----------|----------|---------------------|
| 1 | 15 | 7,510935 | 7,489065 | 56,08609 |
| 2 | 14 | 10,65627 | 3,343726 | 11,18051 |
| 3 | 19 | 13,65045 | 5,349549 | 28,61767 |
| 4 | 18 | 16,49347 | 1,506532 | 2,269639 |
| 5 | 18 | 19,18532 | -1,18532 | 1,404994 |
| 6 | 19 | 21,72602 | -2,72602 | 7,431185 |
| 7 | 19 | 24,11556 | -5,11556 | 26,1689 |
| 8 | 19 | 26,35393 | -7,35393 | 54,08028 |
| 9 | 9 | 28,44114 | -19,4411 | 377,9581 |
| 10 | 9 | 30,3772 | -21,3772 | 456,9845 |
| 11 | 10 | 32,16209 | -22,1621 | 491,1582 |
| 12 | 9 | 33,79582 | -24,7958 | 614,8328 |
| 13 | 55 | 35,27839 | 19,72161 | 388,9418 |
| 14 | 53 | 36,6098 | 16,3902 | 268,6385 |
| 15 | 55 | 37,79005 | 17,20995 | 296,1822 |
| 16 | 51 | 38,81914 | 12,18086 | 148,3733 |
| 17 | 63 | 39,69707 | 23,30293 | 543,0264 |
| 18 | 54 | 40,42384 | 13,57616 | 184,3121 |
| 19 | 53 | 40,99945 | 12,00055 | 144,0132 |
| 20 | 52 | 41,4239 | 10,5761 | 111,854 |
| 21 | 45 | 41,69718 | 3,302817 | 10,9086 |
| 22 | 46 | 41,81931 | 4,180691 | 17,47817 |
| 23 | 49 | 41,79027 | 7,209725 | 51,98014 |
| 24 | 15 | 41,61008 | -26,6101 | 708,0963 |
| 25 | 30 | 41,27872 | -11,2787 | 127,2096 |
| 26 | 25 | 40,79621 | -15,7962 | 249,5202 |
| 27 | 76 | 40,16253 | 35,83747 | 1284,324 |
| 28 | 36 | 39,37769 | -3,37769 | 11,40881 |
| 29 | 52 | 38,4417 | 13,5583 | 183,8276 |
| 30 | 42 | 37,35454 | 4,645464 | 21,58033 |
| 31 | 20 | 36,11622 | -16,1162 | 259,7324 |
| 32 | 20 | 34,72674 | -14,7267 | 216,8768 |
| 33 | 10 | 33,1861 | -23,1861 | 537,5951 |
| 34 | 30 | 31,4943 | -1,4943 | 2,232918 |
| 35 | 20 | 29,65133 | -9,65133 | 93,14824 |
| 36 | 44 | 27,65721 | 16,34279 | 267,0867 |
| 37 | 13 | 25,51193 | -12,5119 | 156,5483 |
| 38 | 12 | 23,21548 | -11,2155 | 125,7871 |
| 39 | 7 | 20,76788 | -13,7679 | 189,5545 |
| 40 | 8 | 18,16912 | -10,1691 | 103,4109 |
| 41 | 25 | 15,41919 | 9,58081 | 91,79191 |
| 42 | 35 | 12,5181 | 22,4819 | 505,4356 |
| 43 | 15 | 9,465858 | 5,534142 | 30,62673 |
| 44 | 15 | 6,262451 | 8,737549 | 76,34477 |
| 990 | 1304 | 1304 | 2,91E-13 | 9536,02 |
| | | | SEE | 14,89187 |
| | | | MSE | 216,7277 |

Tabel 3.27. Perhitungan MSE Metode Pemulusan Eksponensial untuk Pumping Unit Tipe C114

| $Y-Y'$ | $(Y-Y')^2$ |
|----------|------------|
| 2,2183 | 4,920855 |
| -2,537 | 6,436369 |
| 2,2425 | 5,028806 |
| -2,4135 | 5,824982 |
| -2,6281 | 6,90691 |
| -1,5969 | 2,55009 |
| -2,2541 | 5,080967 |
| -2,3592 | 5,565825 |
| -12,3068 | 151,4573 |
| -4,6541 | 21,66065 |
| -1,3591 | 1,847153 |
| -2,3933 | 5,727885 |
| 44,4013 | 1971,475 |
| 7,9105 | 62,57601 |
| 1,462 | 2,137444 |
| -6,3867 | 40,78994 |
| 7,6462 | 58,46437 |
| -9,706 | 94,20644 |
| -6,208 | 38,53926 |
| -5,0176 | 25,17631 |
| -10,5118 | 110,4979 |
| -3,6796 | 13,53946 |
| 0,3529 | 0,124538 |
| -35,535 | 1262,736 |
| 4,6896 | 21,99235 |
| -4,2572 | 18,12375 |
| 49,3957 | 2439,935 |
| -28,3558 | 804,0514 |
| 6,9475 | 48,26776 |
| -9,4498 | 89,29872 |
| -25,6944 | 660,2022 |
| -7,3336 | 53,78169 |
| -11,9601 | 143,044 |
| 17,1642 | 294,6098 |
| -5,3098 | 28,19398 |
| 22,6078 | 511,1126 |
| -25,3913 | 644,7181 |
| -7,8949 | 62,32945 |
| -6,743 | 45,46805 |
| -0,1883 | 0,035457 |
| 17,6459 | 311,3778 |
| 15,0072 | 225,2161 |
| -16,2485 | 264,0138 |
| -4,4004 | 19,36352 |
| -65,0823 | 10588,41 |
| SEE | 15,6921 |
| MSE | 240,6456 |

7. Verifikasi peramalan

Dilakukan untuk mendapatkan hasil peramalan yang benar-benar mencerminkan data masa lalu. Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah *moving range chart*. Sebagai contoh untuk *pumping unit* tipe C114, perhitungan proses verifikasi dapat dilihat pada tabel 3.27.

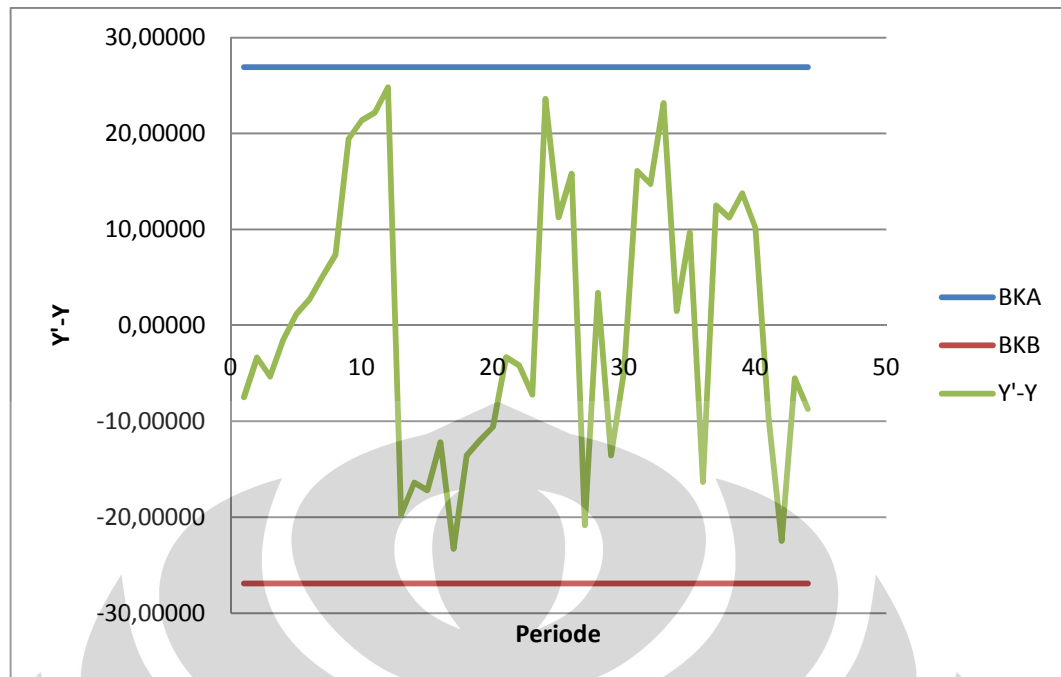
$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{n-1} = \frac{434,9476}{44-1} = 10,115 \quad (3.45)$$

$$BKA = 2,66 \times \overline{MR} = 2,66 \times 10,115 = 26,906 \quad (3.46)$$

$$BKB = -2,66 \times \overline{MR} = -2,66 \times 10,115 = -26,906 \quad (3.47)$$

Tabel 3.28. Perhitungan Hasil Verifikasi Peramalan *Pumping Unit* Tipe C114

| X | Y | Y' | Y'-Y | MR |
|-----|------|----------|----------|-----------|
| 1 | 15 | 7,510935 | -7,48906 | |
| 2 | 14 | 10,65627 | -3,34373 | 4,145338 |
| 3 | 19 | 13,65045 | -5,34955 | 2,005822 |
| 4 | 18 | 16,49347 | -1,50653 | 3,843017 |
| 5 | 18 | 19,18532 | 1,185324 | 2,691856 |
| 6 | 19 | 21,72602 | 2,72602 | 1,540696 |
| 7 | 19 | 24,11556 | 5,115555 | 2,389535 |
| 8 | 19 | 26,35393 | 7,35393 | 2,238375 |
| 9 | 9 | 28,44114 | 19,44114 | 12,08721 |
| 10 | 9 | 30,3772 | 21,3772 | 1,936053 |
| 11 | 10 | 32,16209 | 22,16209 | 0,784893 |
| 12 | 9 | 33,79582 | 24,79582 | 2,633732 |
| 13 | 55 | 35,27839 | -19,7216 | 44,51743 |
| 14 | 53 | 36,6098 | -16,3902 | 3,331411 |
| 15 | 55 | 37,79005 | -17,2099 | 0,81975 |
| 16 | 51 | 38,81914 | -12,1809 | 5,02909 |
| 17 | 63 | 39,69707 | -23,3029 | 11,12207 |
| 18 | 54 | 40,42384 | -13,5762 | 9,726768 |
| 19 | 53 | 40,99945 | -12,0006 | 1,575608 |
| 20 | 52 | 41,4239 | -10,5761 | 1,424447 |
| 21 | 45 | 41,69718 | -3,30282 | 7,273287 |
| 22 | 46 | 41,81931 | -4,18069 | 0,877874 |
| 23 | 49 | 41,79027 | -7,20973 | 3,029035 |
| 24 | 15 | 38,61008 | 23,61008 | 30,8198 |
| 25 | 30 | 41,27872 | 11,27872 | 12,33136 |
| 26 | 25 | 40,79621 | 15,79621 | 4,517484 |
| 27 | 76 | 55,16253 | -20,8375 | 36,63368 |
| 28 | 36 | 39,37769 | 3,377693 | 24,21516 |
| 29 | 52 | 38,4417 | -13,5583 | 16,936 |
| 30 | 42 | 37,35454 | -4,64546 | 8,912841 |
| 31 | 20 | 36,11622 | 16,11622 | 20,76168 |
| 32 | 20 | 34,72674 | 14,72674 | 1,38948 |
| 33 | 10 | 33,1861 | 23,1861 | 8,459359 |
| 34 | 30 | 31,4943 | 1,494295 | 21,6918 |
| 35 | 20 | 29,65133 | 9,651333 | 8,157038 |
| 36 | 44 | 27,65721 | -16,3428 | 25,99412 |
| 37 | 13 | 25,51193 | 12,51193 | 28,85472 |
| 38 | 12 | 23,21548 | 11,21548 | 1,296444 |
| 39 | 7 | 20,76788 | 13,76788 | 2,552396 |
| 40 | 8 | 18,16912 | 10,16912 | 3,598765 |
| 41 | 25 | 15,41919 | -9,58081 | 19,74993 |
| 42 | 35 | 12,5181 | -22,4819 | 12,90109 |
| 43 | 15 | 9,465858 | -5,53414 | 16,94775 |
| 44 | 15 | 6,262451 | -8,73755 | 3,203407 |
| 990 | 1304 | 1304 | 12 | 434,9476 |
| | | | AVG MR | 10,11506 |
| | | | BKA | 26,90606 |
| | | | BKB | -26,90606 |



Gambar 3.4. Moving Range Chart Peramalan Penjualan Pumping Unit Tipe C114

Dari gambar 3.4. dapat dilihat bahwa tidak ada data di luar batas kontrol sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan dinilai baik dan metode yang digunakan representatif.

Perhitungan peramalan untuk *pumping unit* tipe C25 dan C228 dapat dilihat pada lampiran. Dari hasil perhitungan seluruh tipe *pumping unit*, maka metode-metode yang dipilih untuk tiap tipe *pumping unit* adalah:

1. Tipe C25 : menggunakan metode dekomposisi
2. Tipe C114 : menggunakan metode kuadratis
3. Tipe C228 : menggunakan metode dekomposisi

Pada tabel 3.28. dapat dilihat rekapitulasi hasil peramalan tiap tipe *pumping unit* untuk bulan September – Desember 2010. Dari hasil peramalan permintaan, telah diketahui berapa jumlah permintaan terhadap *pumping unit* yang akan diproduksi pada bulan September – Desember 2010. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa jumlah produk yang akan diproduksi bernilai lebih kecil atau sama dengan hasil dari jumlah produk yang diramalkan pada bulan September – Desember 2010. Secara matematis formulasi fungsi kendala untuk jumlah permintaan dapat dituliskan:

$$X_{ji} \leq R_{ji} \quad (3.48)$$

Dimana:

X : jumlah produksi optimal (variabel keputusan jenis *pumping unit* ke-j)

R : jumlah permintaan (target produksi)

i : bulan, $i = 1, 2, 3, \dots, m$

j : jenis *pumping unit*, $j = 1, 2, \dots, n$

Tabel 3.29. Hasil Peramalan *Pumping Unit* Tipe C25, C114, dan C228

| Bulan | <i>Pumping Unit</i> | | |
|-----------|---------------------|------|------|
| | C25 | C114 | C228 |
| September | 0 | 8 | 1 |
| Oktober | 0 | 11 | 1 |
| November | 0 | 14 | 1 |
| Desember | 0 | 17 | 1 |

Dari tabel 3.28 dapat diketahui hasil peramalan yang menjadi target produksi. Formulasi fungsi kendala untuk target produksi pada bulan November 2010, misalnya adalah sebagai berikut:

$$1. \quad C25 : X_{19} \leq Y_{19} = X_1 \leq 0 \quad (3.49)$$

$$2. \quad C114 : X_{29} \leq Y_{29} = X_2 \leq 8 \quad (3.50)$$

$$3. \quad C228 : X_{39} \leq Y_{39} = X_3 \leq 1 \quad (3.51)$$

3.2.5 Penentuan dan Formulasi Fungsi Kendala Keempat

Fungsi kendala keempat merupakan fungsi kendala jumlah produksi minimum yang memenuhi batas BEP (*break even point*) dalam unit produksi. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa jumlah produksi harus lebih besar atau sama dengan jumlah produksi minimum yang diterapkan perusahaan. Secara matematis formulasi fungsi kendala untuk jumlah produksi minimum dapat dituliskan:

$$X_{ij} \geq S_{ij} \quad (3.52)$$

Dimana:

X : jumlah produksi optimal (variabel keputusan jenis *pumping unit* ke-j)

S : jumlah produksi minimum (target produksi)

i : bulan, $i = 1, 2, 3, \dots, m$

j : jenis *pumping unit*, $j = 1, 2, \dots, n$

Dari tabel 3.10. dapat diketahui hasil peramalan yang menjadi target produksi. Formulasi fungsi kendala untuk target produksi pada bulan November 2010, misalnya adalah sebagai berikut:

$$1. \quad C25 : X_{19} \geq Y_{19} = X_1 \geq 0 \quad (3.53)$$

$$2. \quad C114 : X_{29} \geq Y_{29} = X_2 \geq 8 \quad (3.54)$$

$$3. \quad C228 : X_{39} \geq Y_{39} = X_3 \geq 1 \quad (3.55)$$

3.2.6 Penentuan Model Perencanaan Produksi

Pada tabel 3.29., 3.30, 3.31., dan 3.32. dapat dilihat rekapitulasi penentuan fungsi tujuan dan fungsi kendala yang dinyatakan dalam model *linear programming* untuk bulan September – Desember 2010.

Tabel 3.30. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan September 2010

| Tujuan | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-------|---|----------|-------|---|----------|-------|--------|---------|
| Max. Z : | 4851 | X_1 | + | 9362,57 | X_2 | + | 22140 | X_3 | | |
| Kendala | | | | | | | | | | |
| Jam Tenaga Kerja | | | | | | | | | | |
| | 46341,943 | X_1 | + | 46076,29 | X_2 | + | 46111,92 | X_3 | \leq | 2016000 |
| | 32616,168 | X_1 | + | 32350,46 | X_2 | + | 32383,96 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 35724,067 | X_1 | + | 35460,53 | X_2 | + | 35495,07 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 35031,680 | X_1 | + | 34765,01 | X_2 | + | 34803,65 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 84572,720 | X_1 | + | 84302,64 | X_2 | + | 84331,80 | X_3 | \leq | 4838400 |
| | 72799,757 | X_1 | + | 72531,29 | X_2 | + | 72562,87 | X_3 | \leq | 4838400 |
| | 57212,274 | X_1 | + | 56941,38 | X_2 | + | 56970,38 | X_3 | \leq | 2016000 |
| | 43885,217 | X_1 | + | 43611,60 | X_2 | + | 43648,21 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 35611,760 | X_1 | + | 35340,32 | X_2 | + | 35373,76 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 32471,734 | X_1 | + | 32215,82 | X_2 | + | 32249,88 | X_3 | \leq | 1209600 |
| | 19637,745 | X_1 | + | 19374,55 | X_2 | + | 19415,57 | X_3 | \leq | 806400 |
| Ketersediaan Bahan Baku | | | | | | | | | | |
| | 0,10 | X_1 | + | 0,04 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 10 |
| | 0,00 | X_1 | + | 1,00 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 50 |
| | 0,30 | X_1 | + | 0,24 | X_2 | + | 0,67 | X_3 | \leq | 35 |
| Target Produksi | | | | | | | | | | |
| X110 \leq R110 : | | X_1 | | | | | | | \leq | 0 |
| X210 \leq R210 : | | | | | X_2 | | | | \leq | 8 |
| X310 \leq R310 : | | | | | | | X_3 | | \leq | 1 |
| Jumlah Produksi Minimum | | | | | | | | | | |
| X110 \geq R110 : | | X_1 | | | | | | | \geq | 0 |
| X210 \geq R210 : | | | | | X_2 | | | | \geq | 4 |
| X310 \geq R310 : | | | | | | | X_3 | | \geq | 1 |

**Tabel 3.31. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala
Bulan Oktober 2010**

| Tujuan | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|---|----------|-------|---|----------|-------|--------|---------|
| Max. Z : | 4851 | X_1 | + | 9362,57 | X_2 | + | 22140 | X_3 | | |
| Kendala | | | | | | | | | | |
| Jam Tenaga Kerja | | | | | | | | | | |
| | 46341,94 | X_1 | + | 46076,29 | X_2 | + | 46111,92 | X_3 | \leq | 3024000 |
| | 32616,17 | X_1 | + | 32350,46 | X_2 | + | 32383,96 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 35724,07 | X_1 | + | 35460,53 | X_2 | + | 35495,07 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 35031,68 | X_1 | + | 34765,01 | X_2 | + | 34803,65 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 84572,72 | X_1 | + | 84302,64 | X_2 | + | 84331,80 | X_3 | \leq | 7257600 |
| | 72799,76 | X_1 | + | 72531,29 | X_2 | + | 72562,87 | X_3 | \leq | 7257600 |
| | 57212,27 | X_1 | + | 56941,38 | X_2 | + | 56970,38 | X_3 | \leq | 3024000 |
| | 43885,22 | X_1 | + | 43611,60 | X_2 | + | 43648,21 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 35611,76 | X_1 | + | 35340,32 | X_2 | + | 35373,76 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 32471,73 | X_1 | + | 32215,82 | X_2 | + | 32249,88 | X_3 | \leq | 1814400 |
| | 19637,75 | X_1 | + | 19374,55 | X_2 | + | 19415,57 | X_3 | \leq | 1209600 |
| Ketersediaan Bahan Baku | | | | | | | | | | |
| | 0,10 | X_1 | + | 0,04 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 10 |
| | 0,00 | X_1 | + | 1,00 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 50 |
| | 0,30 | X_1 | + | 0,24 | X_2 | + | 0,67 | X_3 | \leq | 35 |
| Target Produksi | | | | | | | | | | |
| X111 \leq R111 : | X_1 | | | | | | | | \leq | 0 |
| X211 \leq R211 : | | | | X_2 | | | | | \leq | 11 |
| X311 \leq R311 : | | | | | | | X_3 | | \leq | 1 |
| Jumlah Produksi Minimum | | | | | | | | | | |
| X111 \geq R111 : | X_1 | | | | | | | | \geq | 0 |
| X211 \geq R211 : | | | | X_2 | | | | | \geq | 6 |
| X311 \geq R311 : | | | | | | | X_3 | | \geq | 1 |

Tabel 3.32. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan November 2010

| Tujuan | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|---|----------|-------|---|----------|-------|----------------|
| Max. Z : | 4851 | X_1 | + | 9362,57 | X_2 | + | 22140 | X_3 | |
| Kendala | | | | | | | | | |
| Jam Tenaga Kerja | | | | | | | | | |
| | 46341,94 | X_1 | + | 46076,29 | X_2 | + | 46111,92 | X_3 | \leq 3168000 |
| | 32616,17 | X_1 | + | 32350,46 | X_2 | + | 32383,96 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 35724,07 | X_1 | + | 35460,53 | X_2 | + | 35495,07 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 35031,68 | X_1 | + | 34765,01 | X_2 | + | 34803,65 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 84572,72 | X_1 | + | 84302,64 | X_2 | + | 84331,80 | X_3 | \leq 7603200 |
| | 72799,76 | X_1 | + | 72531,29 | X_2 | + | 72562,87 | X_3 | \leq 7603200 |
| | 57212,27 | X_1 | + | 56941,38 | X_2 | + | 56970,38 | X_3 | \leq 3168000 |
| | 43885,22 | X_1 | + | 43611,60 | X_2 | + | 43648,21 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 35611,76 | X_1 | + | 35340,32 | X_2 | + | 35373,76 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 32471,73 | X_1 | + | 32215,82 | X_2 | + | 32249,88 | X_3 | \leq 1900800 |
| | 19637,75 | X_1 | + | 19374,55 | X_2 | + | 19415,57 | X_3 | \leq 1267200 |
| Ketersediaan Bahan Baku | | | | | | | | | |
| | 0,10 | X_1 | + | 0,04 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq 10 |
| | 0,00 | X_1 | + | 1,00 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq 50 |
| | 0,30 | X_1 | + | 0,24 | X_2 | + | 0,67 | X_3 | \leq 35 |
| Target Produksi | | | | | | | | | |
| X112 \leq R112 : | | X_1 | | | | | | | \leq 0 |
| X212 \leq R212 : | | | | X_2 | | | | | \leq 14 |
| X312 \leq R312 : | | | | | | | X_3 | | \leq 1 |
| Jumlah Produksi Minimum | | | | | | | | | |
| X112 \geq R112 : | | X_1 | | | | | | | \geq 0 |
| X212 \geq R212 : | | | | X_2 | | | | | \geq 7 |
| X312 \geq R312 : | | | | | | | X_3 | | \geq 1 |

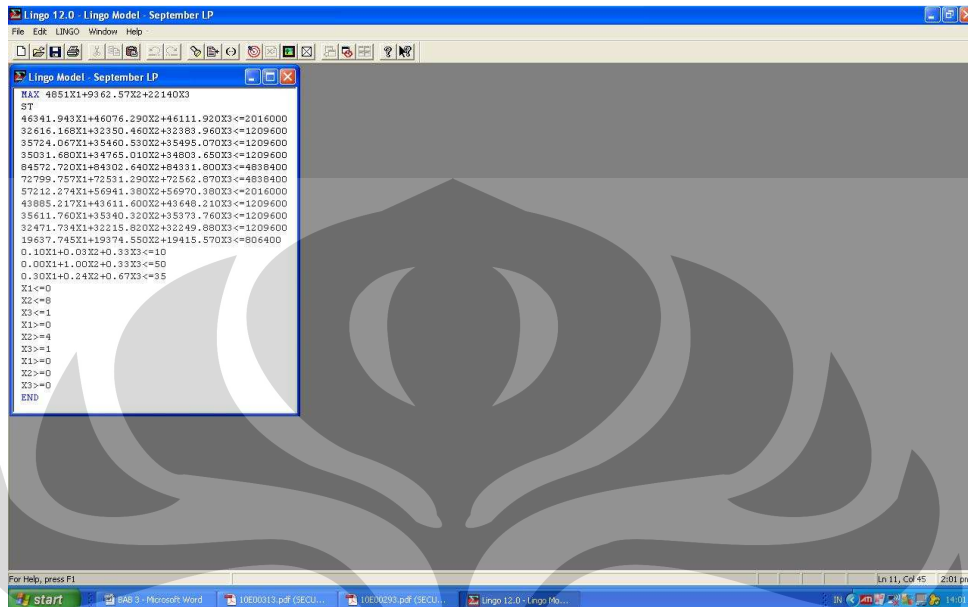
Tabel 3.33. Rekapitulasi Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala Bulan Desember 2010

| Tujuan | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|---|----------|-------|---|----------|-------|--------|---------|
| Max. Z : | 4851 | X_1 | + | 9362,57 | X_2 | + | 22140 | X_3 | | |
| Kendala | | | | | | | | | | |
| Jam Tenaga Kerja | | | | | | | | | | |
| | 46341,94 | X_1 | + | 46076,29 | X_2 | + | 46111,92 | X_3 | \leq | 3168000 |
| | 32616,17 | X_1 | + | 32350,46 | X_2 | + | 32383,96 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 35724,07 | X_1 | + | 35460,53 | X_2 | + | 35495,07 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 35031,68 | X_1 | + | 34765,01 | X_2 | + | 34803,65 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 84572,72 | X_1 | + | 84302,64 | X_2 | + | 84331,80 | X_3 | \leq | 7603200 |
| | 72799,76 | X_1 | + | 72531,29 | X_2 | + | 72562,87 | X_3 | \leq | 7603200 |
| | 57212,27 | X_1 | + | 56941,38 | X_2 | + | 56970,38 | X_3 | \leq | 3168000 |
| | 43885,22 | X_1 | + | 43611,60 | X_2 | + | 43648,21 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 35611,76 | X_1 | + | 35340,32 | X_2 | + | 35373,76 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 32471,73 | X_1 | + | 32215,82 | X_2 | + | 32249,88 | X_3 | \leq | 1900800 |
| | 19637,75 | X_1 | + | 19374,55 | X_2 | + | 19415,57 | X_3 | \leq | 1267200 |
| Ketersediaan Bahan Baku | | | | | | | | | | |
| | 0,10 | X_1 | + | 0,04 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 10 |
| | 0,00 | X_1 | + | 1,00 | X_2 | + | 0,33 | X_3 | \leq | 50 |
| | 0,30 | X_1 | + | 0,24 | X_2 | + | 0,67 | X_3 | \leq | 35 |
| Target Produksi | | | | | | | | | | |
| X112 \leq R112 : | | X_1 | | | | | | | \leq | 0 |
| X212 \leq R212 : | | | | X_2 | | | | | \leq | 17 |
| X312 \leq R312 : | | | | | | | X_3 | | \leq | 1 |
| Jumlah Produksi Minimum | | | | | | | | | | |
| X112 \geq R112 : | | X_1 | | | | | | | \geq | 0 |
| X212 \geq R212 : | | | | X_2 | | | | | \geq | 8 |
| X312 \geq R312 : | | | | | | | X_3 | | \geq | 1 |

3.2.7 Penyelesaian Model *Linear Programming*

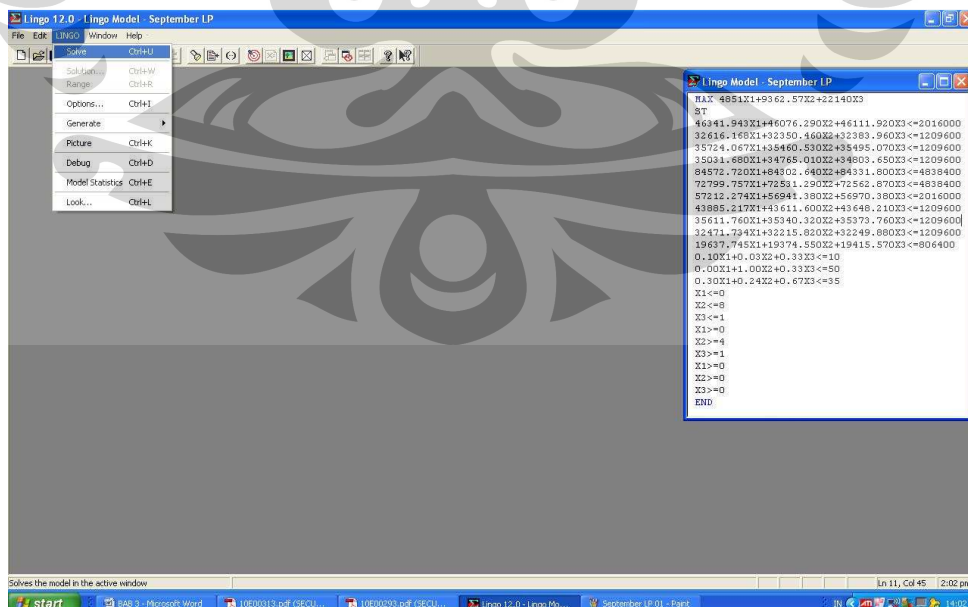
Penyelesaian model *linear programming* dibantu menggunakan *software LINGO12*. Adapun langkah penyelesaian model *linear programming* untuk bulan September 2010 adalah:

1. Membentuk model *linear programming*, seperti tercantum pada tabel 3.30. dengan memasukkan pada *software LINGO12*. Contoh dapat dilihat pada gambar 3.5.



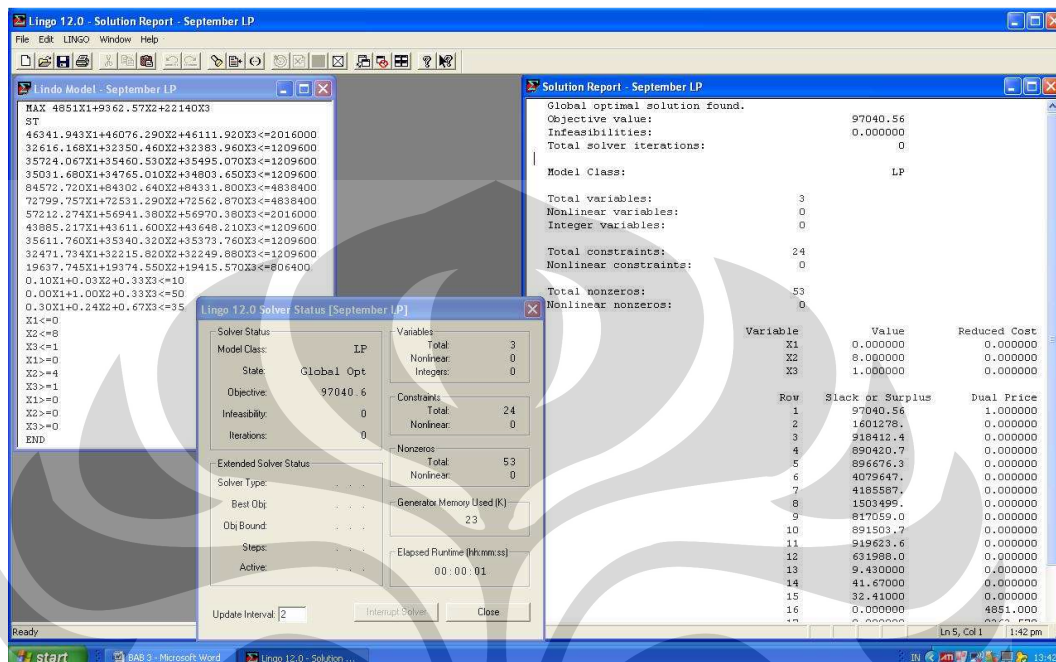
Gambar 3.5. Model Linear Programming dengan Software LINGO12

2. Setelah membentuk model *linear programming* ke dalam *software LINGO12*, klik *Solve* pada *Menu Lingo -> Solve*. Contoh dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Penyelesaian Model Linear Programming dengan Software LINGO12

Setelah kita klik *Solve* pada *Menu Lingo*, maka hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Hasil Penyelesaian Model Linear Programming dengan Software LINGO12

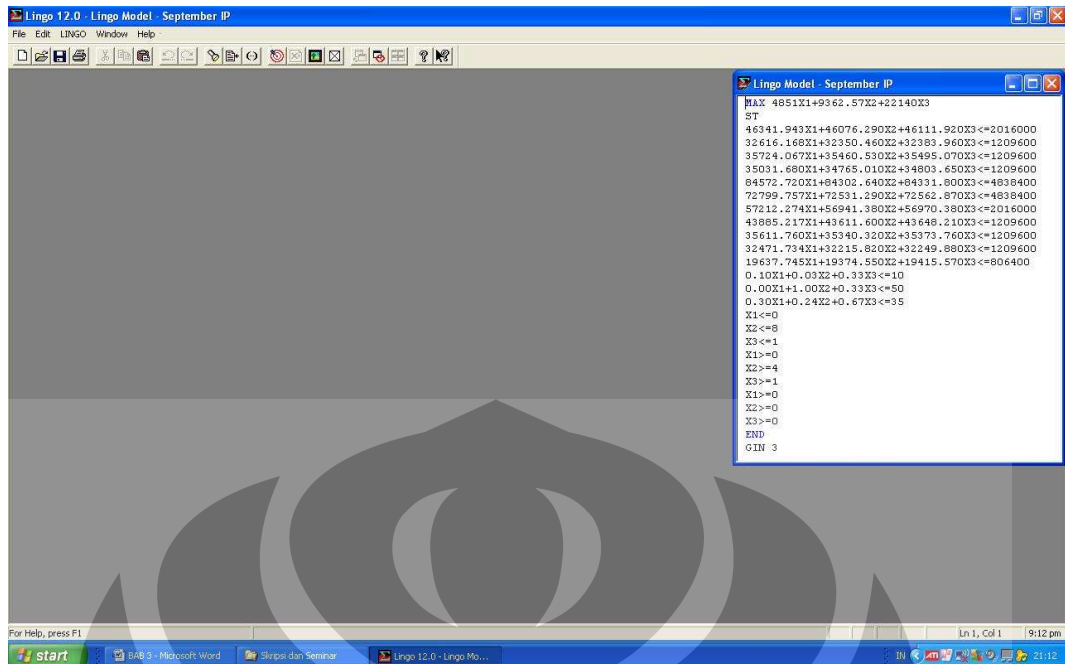
Dari hasil perhitungan model *linear programming* dengan *software LINGO12*, dapat diperoleh produksi untuk bulan September 2010 setiap *pumping unit*, berikut adalah hasilnya:

1. $X_1 = 0$ unit
2. $X_2 = 8$ unit
3. $X_3 = 1$ unit

3.2.8 Penyelesaian Model Integer Programming

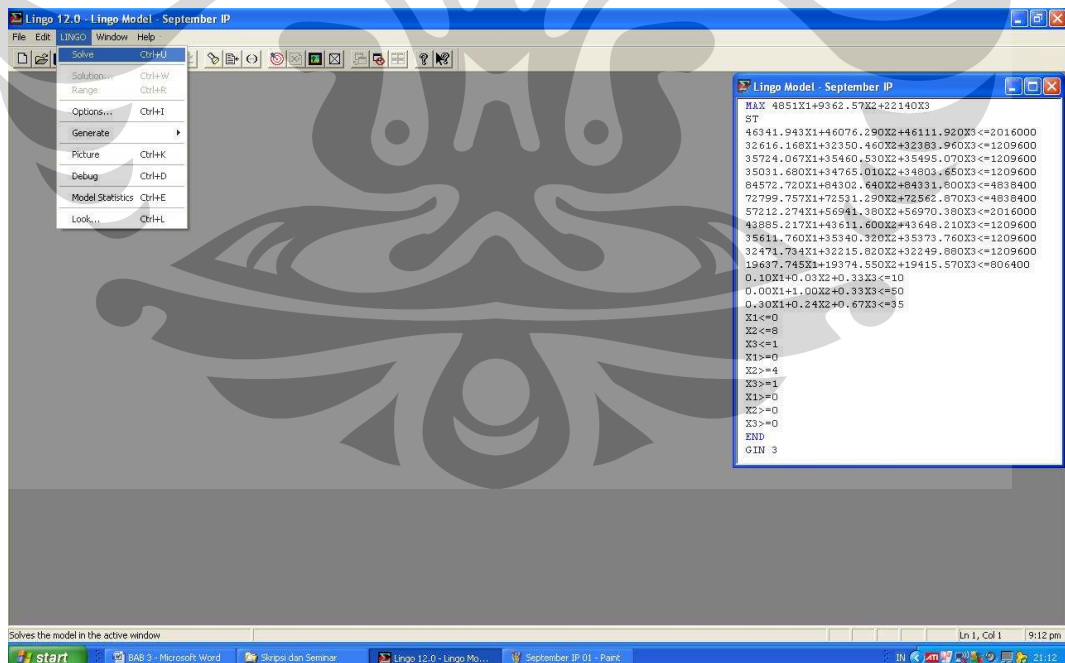
Penyelesaian model *integer programming* dibantu menggunakan *software LINGO12*. Adapun langkah penyelesaian model *linear programming* untuk bulan September 2010 adalah:

1. Membuat model *integer programming*, seperti tercantum pada tabel 3.30. dengan memasukkan pada *software LINGO12*. Contoh dapat dilihat pada gambar 3.8.



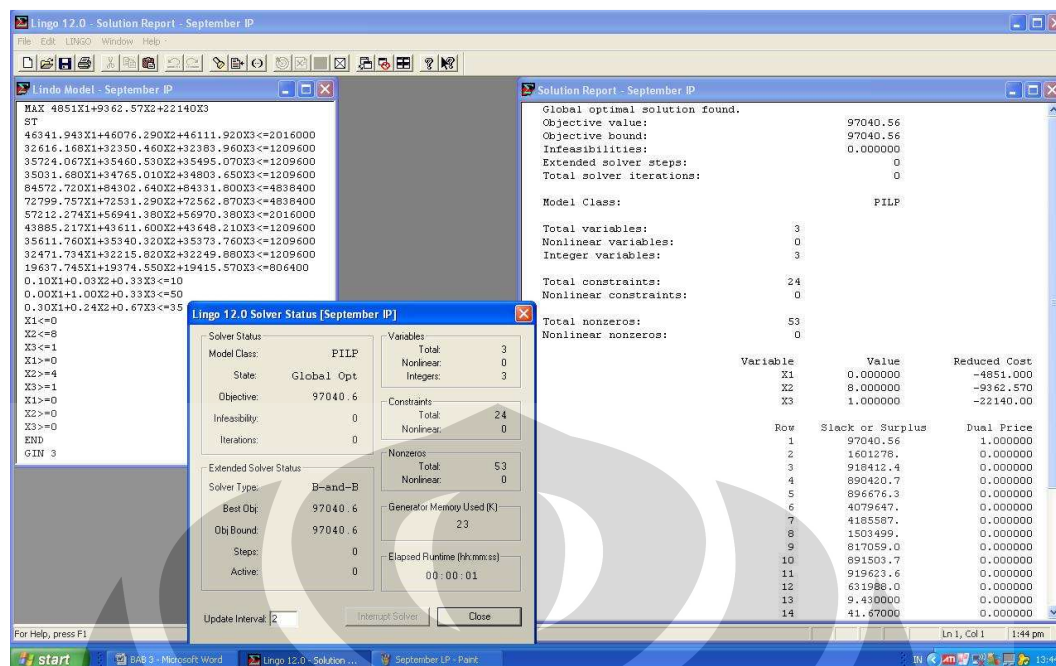
Gambar 3.8. Model Integer Programming dengan Software LINGO12

- Setelah membentuk model *integer programming* ke dalam software *LINGO12*, klik *Solve* pada Menu *Lingo* -> *Solve*. Contoh dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Penyelesaian Model Integer Programming dengan Software LINGO12

Setelah kita klik *Solve* pada Menu *Lingo*, maka hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Penyelesaian Model *Integer Programming* dengan Software *LINGO12*

Dari hasil perhitungan model *integer programming* dengan software *LINGO12*, dapat diperoleh produksi untuk bulan September 2010 setiap *pumping unit*, berikut adalah hasilnya:

1. $X_1 = 0$ unit
2. $X_2 = 8$ unit
3. $X_3 = 1$ unit

Untuk perhitungan pada bulan Oktober, November, dan Desember 2010 dapat dilakukan dengan cara yang sama, yaitu dengan menggunakan bantuan software *LINGO12*. Hasil rekapitulasi penentuan jumlah produksi dengan perhitungan model *integer programming* bulan September, Oktober, November, dan Desember 2010 dapat dilihat pada tabel 3.33.

Tabel 3.34. Rekapitulasi Penentuan Jumlah Produksi dengan Model *Integer Programming*

| Bulan | C25 (unit)/ X_1 | C114 (unit)/ X_2 | C228 (unit)/ X_3 | Laba |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| September | 0 | 8 | 1 | \$ 97.040,57 |
| Oktober | 0 | 11 | 1 | \$ 125.128,29 |
| November | 0 | 14 | 1 | \$ 153.216,00 |
| Desember | 0 | 17 | 1 | \$ 181.303,71 |

BAB 4 ANALISIS

4.1 Analisis Perencanaan Produksi Saat Ini

Saat ini perencanaan produksi Produsen *Pumping Unit* untuk menentukan jumlah *pumping unit* yang akan diproduksi dilakukan berdasarkan perkiraan pola permintaan masa lalu dengan menggunakan peramalan kuantitatif. Seperti yang diketahui, bahwa hasil interpretasi peramalan tidak akan terlalu jauh berbeda dengan pola data permintaan tahun sebelumnya. Namun kenyataannya terjadi pergeseran permintaan sebesar 178 unit dari tahun 2007 menjadi 591 unit pada tahun 2008 untuk tipe C114 dan penurunan dari 12 unit menjadi 3 unit pada tahun yang sama untuk tipe C228. Perkiraan yang dilakukan belum mempertimbangkan keterbatasan perusahaan dalam hal tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan modal secara matematis. Sementara seperti diketahui, proses produksi dapat dilakukan jika tersedia tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan modal yang cukup. Jika salah satu dari elemen ini tidak terpenuhi maka proses produksi akan mengalami gangguan bahkan dapat mengakibatkan proses produksi harus dihentikan. Hal ini dapat terjadi di Produsen *Pumping Unit*, karena acuan produksi hanya berdasarkan perkiraan permintaan. Secara umum proses produksi telah berjalan cukup baik, namun perusahaan mengharapkan adanya metode perencanaan produksi yang lebih baik yang dapat mengalokasikan sumber daya terbatas dengan efisien.

4.2 Analisis Perencanaan Produksi dengan *Integer Programming*

Model *integer programming* digunakan untuk memperoleh solusi dalam bentuk bilangan bulat (*integer*). Model ini terdiri dari 3 parameter, yakni:

1. Variabel keputusan, yaitu jumlah produksi untuk tiap *pumping unit*.
2. Fungsi tujuan, yaitu laba yang diinginkan dari hasil jumlah produksi.
3. Fungsi kendala, yaitu batasan ketersediaan jam kerja orang, ketersediaan bahan baku, target produksi, dan jumlah produksi minimum.

Sebagai contoh, nilai dari variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala untuk bulan September 2010 adalah:

1. Variabel keputusan:

- a. *Pumping unit C25* = 0 unit
- b. *Pumping unit C114* = 8 unit
- c. *Pumping unit C28* = 1 unit

2. Fungsi tujuan:

$$\begin{aligned} \text{Laba yang dihasilkan} &= 4851X_1 + 9362,57X_2 + 22140X_3 \\ &= 4851(0) + 9362,57(8) + 22140(1) \\ &= \$ 97.040,57 \end{aligned}$$

3. Fungsi kendala:

a. Jam tenaga kerja yang terpakai

- Perakitan *pitman*
 $46341,94(0) + 46076,29(8) + 46111,92(1) = 414722,24 \text{ detik}$
- Perakitan *horse head*
 $32616,17(0) + 32350,46(8) + 32383,96(1) = 291187,64 \text{ detik}$
- Perakitan *samson post front*
 $35724,07(0) + 35460,53(8) + 35495,07(1) = 319179,34 \text{ detik}$
- Perakitan *samson post rear*
 $35031,68(0) + 34765,01(8) + 34803,65(1) = 312923,76 \text{ detik}$
- Perakitan *walking beam assy*
 $84572,72(0) + 84302,64(8) + 84331,80(1) = 758752,92 \text{ detik}$
- Perakitan *gear reducer assy*
 $72799,76(0) + 72531,29(8) + 72562,87(1) = 652813,21 \text{ detik}$
- Perakitan *frame assy*
 $57212,27(0) + 56941,38(8) + 56970,38(1) = 512501,44 \text{ detik}$
- Perakitan *equalizer*
 $43885,22(0) + 43611,60(8) + 43648,21(1) = 392540,98 \text{ detik}$
- Perakitan *frame extension*
 $35611,76(0) + 35340,32(8) + 35373,76(1) = 318096,32 \text{ detik}$
- Perakitan *belt guard*
 $32471,73(0) + 32215,82(8) + 32249,88(1) = 289976,46 \text{ detik}$
- Perakitan *counter weight*
 $19637,75(0) + 19374,55(8) + 19415,57(1) = 174411,95 \text{ detik}$

b. Bahan baku yang terpakai

- Pelat T = 4,5 mm

$$0,10(0) + 0,04(8) + 0,33(1) = 0,65 \text{ lbr}$$

- Roller bearing (RB) $\emptyset = 16$ mm

$$0,00(0) + 1,00(8) + 0,33(1) = 8,33 \text{ btg}$$

- Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13

$$0,30(0) + 0,24(8) + 0,67(1) = 2,59 \text{ btg}$$

Pada tabel 4.1. dapat dilihat hasil rekapitulasi dari setiap nilai variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala untuk bulan September, Oktober, November, Desember 2010.

Tabel 4.1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan dengan Integer Programming

| Fungsi | | September | Oktober | November | Desember |
|----------------------------------|---|-----------|------------|------------|------------|
| Variabel Keputusan | | | | | |
| 1 | C25 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | C114 | 8 | 11 | 14 | 17 |
| 3 | C228 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Fungsi Tujuan | | 97040,56 | 125128,27 | 153215,98 | 181303,69 |
| Jam Tenaga Kerja Terpakai | | | | | |
| - | Perakitan <i>pitman</i> | 414722,21 | 552951,07 | 691179,93 | 829408,78 |
| - | Perakitan <i>horse head</i> | 291187,65 | 388239,03 | 485290,42 | 582341,80 |
| - | Perakitan <i>samson post front</i> | 319179,34 | 425560,94 | 531942,54 | 638324,15 |
| - | Perakitan <i>samson post rear</i> | 312923,76 | 417218,80 | 521513,84 | 625808,88 |
| - | Perakitan <i>walking beam assy</i> | 758752,92 | 1011660,84 | 1264568,76 | 1517476,68 |
| - | Perakitan <i>gear reducer assy</i> | 652813,21 | 870407,09 | 1088000,97 | 1305594,85 |
| - | Perakitan <i>frame assy</i> | 512501,44 | 683325,59 | 854149,74 | 1024973,89 |
| - | Perakitan <i>equalizer</i> | 392540,98 | 523375,76 | 654210,55 | 785045,34 |
| - | Perakitan <i>frame extension</i> | 318096,32 | 424117,28 | 530138,24 | 636159,20 |
| - | Perakitan <i>belt guard</i> | 289976,46 | 386623,93 | 483271,40 | 579918,86 |
| - | Perakitan <i>counter weight</i> | 174411,95 | 232535,60 | 290659,24 | 348782,89 |
| Bahan Baku Terpakai | | | | | |
| - | Pelat T = 4,5 mm | 0,65 | 0,77 | 0,89 | 1,01 |
| - | Roller bearing (RB) $\emptyset = 16$ mm | 8,33 | 11,33 | 14,33 | 17,33 |
| - | Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13 | 2,59 | 3,31 | 4,03 | 4,75 |

Dari tabel 4.1. dapat dilihat penggunaan sumber daya oleh perusahaan sesuai perencanaan produksi pada bulan September, Oktober, November, dan Desember 2010. Pada tabel 4.2. dapat dilihat ketersediaan sumber daya

perusahaan tiap bulannya dan selisih antara penggunaan dengan ketersediaan sumberdaya di perusahaan.

Tabel 4.2. Perbandingan Ketersediaan Sumber Daya di Perusahaan dengan Pemakaian Sumber Daya Berdasarkan *Integer Programming*

| Sumber Daya Terpakai | Terpakai | | | | Ketersediaan Sumber Daya | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|---------|----------|----------|
| | September | Oktober | November | Desember | September | Oktober | November | Desember |
| Jam Tenaga Kerja Terpakai (detik) | | | | | | | | |
| - Perakitan <i>pitman</i> | 414722,21 | 552951,07 | 691179,93 | 829408,78 | 2016000 | 3024000 | 3168000 | 3168000 |
| - Perakitan <i>horse head</i> | 291187,65 | 388239,03 | 485290,42 | 582341,80 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>samson post front</i> | 319179,34 | 425560,94 | 531942,54 | 638324,15 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>samson post rear</i> | 312923,76 | 417218,80 | 521513,84 | 625808,88 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>walking beam assy</i> | 758752,92 | 1011660,84 | 1264568,76 | 1517476,68 | 4838400 | 7257600 | 7603200 | 7603200 |
| - Perakitan <i>gear reducer assy</i> | 652813,21 | 870407,09 | 1088000,97 | 1305594,85 | 4838400 | 7257600 | 7603200 | 7603200 |
| - Perakitan <i>frame assy</i> | 512501,44 | 683325,59 | 854149,74 | 1024973,89 | 2016000 | 3024000 | 3168000 | 3168000 |
| - Perakitan <i>equalizer</i> | 392540,98 | 523375,76 | 654210,55 | 785045,34 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>frame extension</i> | 318096,32 | 424117,28 | 530138,24 | 636159,20 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>belt guard</i> | 289976,46 | 386623,93 | 483271,40 | 579918,86 | 1209600 | 1814400 | 1900800 | 1900800 |
| - Perakitan <i>counter weight</i> | 174411,95 | 232535,60 | 290659,24 | 348782,89 | 806400 | 1209600 | 1267200 | 1267200 |
| Bahan Baku Terpakai | | | | | | | | |
| - Pelat T = 4,5 mm | 0,65 | 0,77 | 0,89 | 1,01 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| - Roller bearing (RB) ϕ = 16 mm | 8,33 | 11,33 | 14,33 | 17,33 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| - Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13 | 2,59 | 3,31 | 4,03 | 4,75 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Sumber Daya Terpakai | Selisih | | | | Persentase Sisa Pemakaian Sumber Daya | | | |
| | September | Oktober | November | Desember | September | Oktober | November | Desember |
| Jam Tenaga Kerja Terpakai (detik) | | | | | | | | |
| - Perakitan <i>pitman</i> | 1601277,79 | 2471048,93 | 2476820,07 | 2338591,22 | 79,43% | 81,71% | 78,18% | 73,82% |
| - Perakitan <i>horse head</i> | 918412,35 | 1426160,97 | 1415509,58 | 1318458,20 | 75,93% | 78,60% | 74,47% | 69,36% |
| - Perakitan <i>samson post front</i> | 890420,66 | 1388839,06 | 1368857,46 | 1262475,85 | 73,61% | 76,55% | 72,01% | 66,42% |
| - Perakitan <i>samson post rear</i> | 896676,24 | 1397181,20 | 1379286,16 | 1274991,12 | 74,13% | 77,01% | 72,56% | 67,08% |
| - Perakitan <i>walking beam assy</i> | 4079647,08 | 6245939,16 | 6338631,24 | 6085723,32 | 84,32% | 86,06% | 83,37% | 80,04% |
| - Perakitan <i>gear reducer assy</i> | 4185586,79 | 6387192,91 | 6515199,03 | 6297605,15 | 86,51% | 88,01% | 85,69% | 82,83% |
| - Perakitan <i>frame assy</i> | 1503498,56 | 2340674,41 | 2313850,26 | 2143026,11 | 74,58% | 77,40% | 73,04% | 67,65% |
| - Perakitan <i>equalizer</i> | 817059,02 | 1291024,24 | 1246589,45 | 1115754,66 | 67,55% | 71,15% | 65,58% | 58,70% |
| - Perakitan <i>frame extension</i> | 891503,68 | 1390282,72 | 1370661,76 | 1264640,80 | 73,70% | 76,62% | 72,11% | 66,53% |
| - Perakitan <i>belt guard</i> | 919623,54 | 1427776,07 | 1417528,60 | 1320881,14 | 76,03% | 78,69% | 74,58% | 69,49% |
| - Perakitan <i>counter weight</i> | 631988,05 | 977064,40 | 976540,76 | 918417,11 | 78,37% | 80,78% | 77,06% | 72,48% |
| Bahan Baku Terpakai | | | | | | | | |
| - Pelat T = 4,5 mm | 9,35 | 9,23 | 9,11 | 8,99 | 93,50% | 92,30% | 91,10% | 89,90% |
| - Roller bearing (RB) ϕ = 16 mm | 41,67 | 38,67 | 35,67 | 32,67 | 83,34% | 77,34% | 71,34% | 65,34% |
| - Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13 | 32,41 | 31,69 | 30,97 | 30,25 | 92,60% | 90,54% | 88,49% | 86,43% |

Dari tabel 4.2. dapat disimpulkan perusahaan dapat berproduksi tanpa adanya gangguan kekurangan sumber daya karena sumber daya yang terpakai masih dalam batas ketersediaan sumber daya perusahaan. Misalnya pada bulan September 2010, tenaga kerja perakitan *pitman* yang terpakai 414722,21 detik atau 20,57%.

Selain itu, dapat juga dilihat bahwa terdapat sumber daya perusahaan berlebih tidak seimbang antara sumber daya yang ada. Misalnya pada bulan September 2010, untuk tenaga kerja perakitan *gear reducer assy* yang terpakai 652813,21 detik atau 13,49%. Sedangkan untuk perakitan *equalizer* terpakai 392540,98 detik atau 32,45%.

4.3 Analisis Sensitivitas Perencanaan Produksi

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.

Pada tabel 4.2. dapat dilihat kelebihan kapasitas produksi baik kapasitas tenaga kerja maupun ketersediaan bahan. Nilai positif pada selisih kapasitas menandakan terjadi kelebihan kapasitas, sedangkan nilai nol menandakan kapasitas terbatas, yakni kapasitas tersedia telah terpakai seluruhnya. Melalui analisis sensitivitas ini dapat dicari sejauh mana nilai kapasitas dapat dinaikkan atau diturunkan dengan tetap mempertahankan solusi optimal. Misalnya untuk bulan September 2010, dari hasil uji program aplikasi *LINGO12* dapat dilihat maksimum penambahan dan pengurangan kapasitas yang diijinkan. *Allowable increase* berarti maksimum penambahan yang diijinkan, misalnya untuk perakitan *pitman* (row 2) penambahan yang diijinkan tidak terhingga. Sedangkan *allowable decrease* berarti maksimum pengurangan yang diijinkan, misalnya untuk perakitan *pitman* (row 2) pengurangan yang diijinkan 1601278 detik. Rekapitulasi penambahan dan pengurangan kapasitas yang diijinkan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Perubahan Maksimum Kapasitas

| Kapasitas Perusahaan | | ROW | Current RHS | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|--|---|-----|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Jam Tenaga Kerja Terpakai (detik) | | | | | |
| - | Perakitan <i>pitman</i> | 2 | 2016000 | INFINITY | 1601278,00 |
| - | Perakitan <i>horse head</i> | 3 | 1209600 | INFINITY | 918412,40 |
| - | Perakitan <i>samson post front</i> | 4 | 1209600 | INFINITY | 890420,70 |
| - | Perakitan <i>samson post rear</i> | 5 | 1209600 | INFINITY | 896676,30 |
| - | Perakitan <i>walking beam assy</i> | 6 | 4838400 | INFINITY | 4079647,00 |
| - | Perakitan <i>gear reducer assy</i> | 7 | 4838400 | INFINITY | 4185587,00 |
| - | Perakitan <i>frame assy</i> | 8 | 2016000 | INFINITY | 1503499,00 |
| - | Perakitan <i>equalizer</i> | 9 | 1209600 | INFINITY | 817059,00 |
| - | Perakitan <i>frame extension</i> | 10 | 1209600 | INFINITY | 891503,70 |
| - | Perakitan <i>belt guard</i> | 11 | 1209600 | INFINITY | 919623,60 |
| - | Perakitan <i>counter weight</i> | 12 | 806400 | INFINITY | 631988,00 |
| Bahan Baku Terpakai | | | | | |
| - | Pelat T = 4,5 mm | 13 | 10 | INFINITY | 9,43 |
| - | Roller bearing (RB) $\varnothing = 16$ mm | 14 | 50 | INFINITY | 41,67 |
| - | Wide flange (WF) 400 x 200 x 8 x 13 | 15 | 35 | INFINITY | 32,41 |
| Target Produksi (Unit) | | | | | |
| - | C25 | 16 | 0 | 18,61809 | 0,00 |
| - | C114 | 17 | 8 | 18,73490 | 4,00 |
| - | C228 | 18 | 1 | 18,71919 | 0,00 |

Dengan adanya informasi pengurangan kapasitas yang diijinkan pada analisis sensitivitas ini, maka perusahaan dapat mengurangi kelebihan kapasitasnya sampai pada batas yang ditetapkan. Dengan adanya pengurangan kapasitas tersedia ini maka biaya produksi dapat dikurangi, sehingga laba dapat dimaksimumkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Saat ini perencanaan produksi Produsen *Pumping Unit* untuk menentukan jumlah *pumping unit* yang akan diproduksi dilakukan berdasarkan perkiraan pola permintaan masa lalu dengan menggunakan peramalan kuantitatif. Seperti yang diketahui, bahwa hasil interpretasi peramalan tidak akan terlalu jauh berbeda dengan pola data permintaan tahun sebelumnya. Namun kenyataannya terjadi pergeseran permintaan sebesar 178 unit dari tahun 2007 menjadi 591 unit pada tahun 2008 untuk tipe C114 dan penurunan dari 12 unit menjadi 3 unit pada tahun yang sama untuk tipe C228. Perkiraan yang dilakukan belum mempertimbangkan keterbatasan perusahaan dalam hal tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan modal secara matematis.
2. Jumlah produksi yang optimal pada periode perencanaan dengan menggunakan *integer programming* pada bulan September adalah 0 unit *pumping unit* tipe C25, 8 unit *pumping unit* tipe C114, dan 1 unit *pumping unit* tipe C228. Pada bulan Oktober, 0 unit *pumping unit* tipe C25, 11 unit *pumping unit* tipe C114, dan 1 unit *pumping unit* tipe C228. Pada bulan November, 0 unit *pumping unit* tipe C25, 14 unit *pumping unit* tipe C114, dan 1 unit *pumping unit* tipe C228. Pada bulan Desember, 0 unit *pumping unit* tipe C25, 17 unit *pumping unit* tipe C114, dan 1 unit *pumping unit* tipe C228.
3. Keuntungan yang diperoleh untuk bulan September, Oktober, November, dan Desember berturut-turut dengan menggunakan *integer programming* adalah \$97040,56, \$125128,27, \$153215,98, dan \$181303,69.
4. Melalui perhitungan ketersediaan sumber daya dengan menggunakan *integer programming* perusahaan dapat memproduksi tanpa adanya gangguan kekurangan sumber daya karena sumber daya yang terpakai masih dalam batas ketersediaan sumber daya perusahaan. Misalnya pada bulan September 2010, tenaga kerja perakitan *pitman* yang terpakai 414722,21 detik atau

20,57%. Selain itu, dapat juga dilihat bahwa terdapat sumber daya perusahaan berlebih tidak seimbang antara sumber daya yang ada. Misalnya pada bulan September 2010, untuk tenaga kerja perakitan *gear reducer assy* yang terpakai 652813,21 detik atau 13,49%. Sedangkan untuk perakitan *equalizer* terpakai 392540,98 detik atau 32,45%.

5. Melalui analisa sensitivitas perencanaan produksi dapat diketahui seberapa besar perubahan pada parameter model yang diijinkan untuk tetap mempertahankan solusi optimal. Dari analisa sensitivitas perencanaan produksi dapat dilihat kelebihan atau kekurangan kapasitas produksi baik kapasitas tenaga kerja maupun ketersediaan bahan. Pada hasil perhitungan dengan menggunakan *LINGO12* kapasitas tenaga kerja dan bahan baku perlu dikurangi untuk menekan biaya produksi, sehingga laba dapat dimaksimumkan.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penyempurnaan penulisan skripsi kepada peneliti selanjutnya adalah melakukan perencanaan produksi dengan memperhitungkan sisa pemakaian bahan baku di setiap akhir periode untuk melihat sejauh mana pencapaian keuntungan perusahaan terhadap variabel-variabel perusahaan.

DAFTAR REFERENSI

- Ashok Rao, Lawrence P. Carr, Ismael Dambolena, Robert J. Kopp, John Martin, Farshad Rafii, Phyllis Fineman Schlesinger. (1996). *Total Quality Management Across Functional Perspective*. John Wiley & Sons. Canada.
- Barnes. (1980). *Motion and Time Study 7th edition*. John Wiley & Sons. USA.
- Chase, Jacobs, Aquilano. (2006). *Operations Management Eleventh Edition*. Mc. Graw Hill International Edition. Singapore.
- Ginting, Rosnani. (2007). *Sistem Produksi*. Penerbit Graha Ilmu. Surabaya.
- J.R. Tony Arnold and Stephen N. Chapman. (2004). *Introduction to Materials Management Fifth Edition*. Prentice Hall. New Jerseys.
- Makridakis dan Victor E. Mc. Gee. (1988). *Metode dan Aplikasi Peramalan Edisi Kedua*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Nasution, Arman Hakim. (2003). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Penerbit Guna Widya. Surabaya.
- Render, Barry. (2001). *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Siswanto. (2007). *Riset Operasi Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Sritomo, Wignjosuebrototo. (2003) *Pengantar Teknik dan Manajemen Pabrik Edisi Pertama*. Penerbit Guna Widya. Surabaya.
- Taha, Hamdy. A. (2007) *Operation Research an Introduction*. Prentice Hall.
- Zulfikarijah, Fien. (2004). *Operation Research*. Bayu Media.

Lampiran 1 : Tabel Allowance Berdasarkan Literatur

| FAKTOR | | KELONGGARAN | | |
|--|--|---|------------------|--------------|
| A. Tenaga yang Dikeluarkan | | Contoh Pekerjaan | Ekuivalen Berat | |
| 1. Dapat diabaikan | | Bekerja di meja, duduk | Tanpa Beban | 0% - 6% |
| 2. Sangat ringan | | Bekerja di meja, berdiri | 0,00 - 2,25 kg | 6% - 7,5% |
| 3. Ringan | | Menyekop, ringan | 9,00 - 18,00 kg | 12% - 19% |
| 4. Sedang | | Mencangkul | 19,00 - 27,00 kg | 9% - 30% |
| 5. Berat | | Mengayun palu yang berat | 27,00 - 50,00 kg | 30% - 50% |
| 6. Sangat berat | | Memanggul beban | Diatas 50 kg | |
| 7. Luar biasa berat | | Memanggul karung berat | | |
| B. Sikap Kerja | | | | |
| 1. Duduk | | Bekerja duduk, ringan | | 0% - 1% |
| 2. Berdiri di atas dua kaki | | Badan tegak, ditumpu dua kaki | | 1% - 2,5% |
| 3. Berdiri di atas satu kaki | | Satu kaki mengerjakan alat kontrol | | 2,5% - 4% |
| 4. Berbaring | | Pada bagian sisi, belakang atau depan beban | | 2,5% - 4% |
| 5. Membungkuk | | Badan dibungkukkan ditumpu pada kedua kaki | | 4% - 10% |
| C. Gerakan Kerja | | | | |
| 1. Normal | | Ayunan bebas dari palu | | 0% |
| 2. Agak terbatas | | Ayunan terbatas dari palu | | 0% - 5% |
| 3. Sulit | | Membawa beban berat dengan satu tangan | | 0% - 5% |
| 4. Pada anggota-anggota badan terbatas | | Bekerja dengan tangan di atas kepala | | 5% - 10% |
| 5. Seluruh anggota badan terbatas | | Bekerja dilorong pertambangan yang sempit | | 10% - 15% |
| E. Keadaan Temperatur Tempat Kerja | | Temperatur | Kelemahan Normal | Berlebihan |
| 1. Beku | | Di bawah 0° | Di atas 10° | Di atas 12° |
| 2. Rendah | | 0° - 13° | 10° - 0° | 12° - 5° |
| 3. Sedang | | 13° - 22° | 5° - 0° | 8° - 0° |
| 4. Normal | | 22° - 28° | 0° - 5° | 0° - 8° |
| 5. Tinggi | | 28° - 38° | 5° - 40° | 8° - 100° |
| 6. Sangat tinggi | | Di atas 38° | Di atas 40° | Di atas 100° |
| F. Keadaan Atmosfer | | | | |
| 1. Baik | | Tuang yang berventilasi yang baik, udara segar | | 0% |
| 2. Cukup | | Ventilasi kurang baik, ada bau/bau (tidak berbahaya) | | 0% - 5% |
| 3. Kurang baik | | Ada debu-debu beracun, atau tidak beracun tetapi banyak | | 5% - 10% |
| G. Keadaan Lingkungan yang Baik | | | | |
| 1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah | | | | 0% |
| 2. Siklus kerja yang berulang-ulang antara 5-10 detik | | | | 0% - 2% |
| 3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik | | | | 1% - 3% |
| 4. Sangat bising | | | | 0% - 5% |
| 5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas | | | | 0% - 5% |
| 6. Terasa adanya getaran lantai | | | | 5% - 10% |
| 7. Keadaan-keadaan yang di luar kebiasaan | | | | 5% - 15% |

Lampiran 2 : Peramalan Pumping Unit Tipe C25

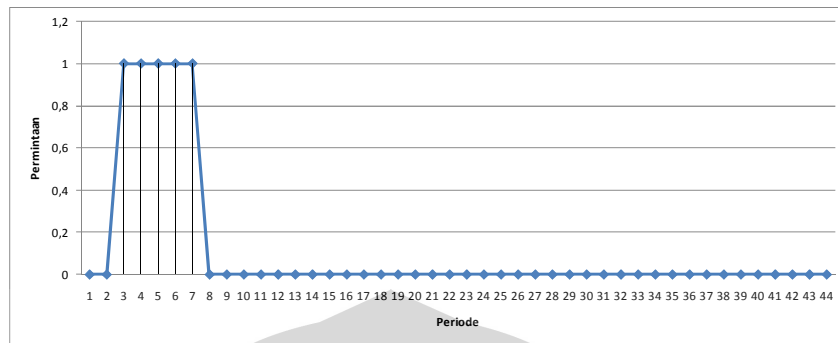


Diagram Pencar Pumping Unit Tipe C25

Tabel Perhitungan Peramalan Metode Eksponensial, MSE, dan Verifikasi Peramalan Pumping Unit Tipe C25

| Y | C25 | | | | | | | | | MR | Y-Y' | (Y-Y') ² |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------------------|
| | SMO01 | LEVE1 | TREN1 | FITS1 | RES1 | FORE1 | UPPE1 | LOWE1 | | | | |
| 0 | -0,02845 | -0,02845 | -0,01641 | 0,37879 | -0,37879 | -0,01004 | 0,158783 | -0,17886 | 0,42364 | 0,04485 | 0,002012 | |
| 0 | 0,00337 | 0,00337 | -0,01592 | -0,04485 | 0,04485 | -0,02084 | 0,250368 | -0,29204 | 0,0323 | 1,01255 | 1,025258 | |
| 1 | 1,07605 | 1,07605 | -0,00504 | -0,01255 | 1,01255 | -0,03163 | 0,34628 | -0,40955 | 1,08356 | -0,07101 | 0,005042 | |
| 1 | 0,99467 | 0,99467 | -0,0058 | 1,07101 | -0,07101 | -0,04243 | 0,443679 | -0,52854 | 0,08214 | 0,01113 | 0,000124 | |
| 1 | 1,00084 | 1,00084 | -0,00568 | 0,98887 | 0,01113 | | | | 0,00629 | 0,00484 | 2,34E-05 | |
| 1 | 1,00036 | 1,00036 | -0,00563 | 0,99516 | 0,00484 | | | | 0,00042 | 0,00526 | 2,77E-05 | |
| 1 | 1,0004 | 1,0004 | -0,00557 | 0,99474 | 0,00526 | | | | 8E-05 | -0,99482 | 0,989667 | |
| 0 | -0,07472 | -0,07472 | -0,01627 | 0,99482 | -0,99482 | | | | 1,0858 | 0,09098 | 0,008277 | |
| 0 | 0,00683 | 0,00683 | -0,01529 | -0,09098 | 0,09098 | | | | 0,08252 | 0,00846 | 7,16E-05 | |
| 0 | 0,00064 | 0,00064 | -0,0152 | -0,00846 | 0,00846 | | | | 0,0061 | 0,01456 | 0,000212 | |
| 0 | 0,00109 | 0,00109 | -0,01504 | -0,01456 | 0,01456 | | | | 0,00061 | 0,01395 | 0,000195 | |
| 0 | 0,00105 | 0,00105 | -0,01489 | -0,01395 | 0,01395 | | | | 0,00011 | 0,01384 | 0,000192 | |
| 0 | 0,00104 | 0,00104 | -0,01474 | -0,01384 | 0,01384 | | | | 0,00014 | 0,0137 | 0,000188 | |
| 0 | 0,00103 | 0,00103 | -0,0146 | -0,0137 | 0,0137 | | | | 0,00013 | 0,01357 | 0,000184 | |
| 0 | 0,00102 | 0,00102 | -0,01445 | -0,01357 | 0,01357 | | | | 0,00014 | 0,01343 | 0,00018 | |
| 0 | 0,00101 | 0,00101 | -0,01431 | -0,01343 | 0,01343 | | | | 0,00013 | 0,0133 | 0,000177 | |
| 0 | 0,001 | 0,001 | -0,01416 | -0,0133 | 0,0133 | | | | 0,00014 | 0,01316 | 0,000173 | |
| 0 | 0,00099 | 0,00099 | -0,01402 | -0,01316 | 0,01316 | | | | 0,00013 | 0,01303 | 0,00017 | |
| 0 | 0,00098 | 0,00098 | -0,01388 | -0,01303 | 0,01303 | | | | 0,00013 | 0,0129 | 0,000166 | |
| 0 | 0,00097 | 0,00097 | -0,01374 | -0,0129 | 0,0129 | | | | 0,00013 | 0,01277 | 0,000163 | |
| 0 | 0,00096 | 0,00096 | -0,0136 | -0,01277 | 0,01277 | | | | 0,00012 | 0,01265 | 0,00016 | |
| 0 | 0,00095 | 0,00095 | -0,01347 | -0,01265 | 0,01265 | | | | 0,00013 | 0,01252 | 0,000157 | |
| 0 | 0,00094 | 0,00094 | -0,01333 | -0,01252 | 0,01252 | | | | 0,00013 | 0,01239 | 0,000154 | |
| 0 | 0,00093 | 0,00093 | -0,0132 | -0,01239 | 0,01239 | | | | 0,00012 | 0,01227 | 0,000151 | |
| 0 | 0,00092 | 0,00092 | -0,01307 | -0,01227 | 0,01227 | | | | 0,00012 | 0,01215 | 0,000148 | |
| 0 | 0,00091 | 0,00091 | -0,01294 | -0,01215 | 0,01215 | | | | 0,00012 | 0,01203 | 0,000145 | |
| 0 | 0,0009 | 0,0009 | -0,01281 | -0,01203 | 0,01203 | | | | 0,00012 | 0,01191 | 0,000142 | |
| 0 | 0,00089 | 0,00089 | -0,01268 | -0,01191 | 0,01191 | | | | 0,00012 | 0,01179 | 0,000139 | |
| 0 | 0,00089 | 0,00089 | -0,01255 | -0,01179 | 0,01179 | | | | 0,00012 | 0,01167 | 0,000136 | |
| 0 | 0,00088 | 0,00088 | -0,01243 | -0,01167 | 0,01167 | | | | 0,00012 | 0,01155 | 0,000133 | |
| 0 | 0,00087 | 0,00087 | -0,0123 | -0,01155 | 0,01155 | | | | 0,00011 | 0,01144 | 0,000131 | |
| 0 | 0,00086 | 0,00086 | -0,01218 | -0,01144 | 0,01144 | | | | 0,00012 | 0,01132 | 0,000128 | |
| 0 | 0,00085 | 0,00085 | -0,01206 | -0,01132 | 0,01132 | | | | 0,00011 | 0,01121 | 0,000126 | |
| 0 | 0,00084 | 0,00084 | -0,01194 | -0,01121 | 0,01121 | | | | 0,00011 | 0,0111 | 0,000123 | |
| 0 | 0,00083 | 0,00083 | -0,01182 | -0,0111 | 0,0111 | | | | 0,00011 | 0,01099 | 0,000121 | |
| 0 | 0,00083 | 0,00083 | -0,0117 | -0,01099 | 0,01099 | | | | 0,00011 | 0,01088 | 0,000118 | |
| 0 | 0,00082 | 0,00082 | -0,01159 | -0,01088 | 0,01088 | | | | 0,00011 | 0,01077 | 0,000116 | |
| 0 | 0,00081 | 0,00081 | -0,01147 | -0,01077 | 0,01077 | | | | 0,00011 | 0,01066 | 0,000114 | |
| 0 | 0,0008 | 0,0008 | -0,01135 | -0,01066 | 0,01066 | | | | 0,00011 | 0,01055 | 0,000111 | |
| 0 | 0,00079 | 0,00079 | -0,01124 | -0,01055 | 0,01055 | | | | 0,0001 | 0,01045 | 0,000109 | |
| 0 | 0,00078 | 0,00078 | -0,01113 | -0,01045 | 0,01045 | | | | 0,00011 | 0,01034 | 0,000107 | |
| 0 | 0,00078 | 0,00078 | -0,01102 | -0,01034 | 0,01034 | | | | 1E-04 | 0,01024 | 0,000105 | |
| 0 | 0,00077 | 0,00077 | -0,01091 | -0,01024 | 0,01024 | | | | 0,0001 | 0,01014 | 0,000103 | |
| 0 | 0,00076 | 0,00076 | -0,0108 | -0,01014 | 0,01014 | | | | 2,80727 | 0,14268 | 2,178959 | |
| | | | | | | | | | AVG MR | 0,065285 | SEE | 0,225108 |
| | | | | | | | | | BKA | 0,147545 | MSE | 0,049522 |
| | | | | | | | | | BKB | -0,14754 | | |

Lampiran 3 : Peramalan *Pumping Unit* Tipe C228

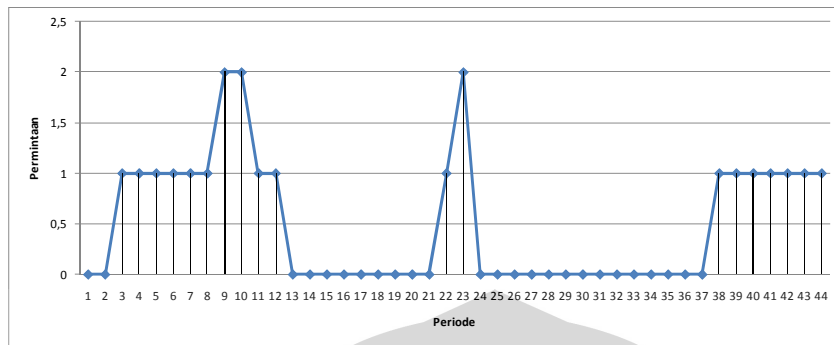


Diagram Pencar *Pumping Unit* Tipe C228

Tabel Perhitungan Peramalan Metode Eksponensial, MSE, dan Verifikasi

Peramalan *Pumping Unit* Tipe C228

| C228 | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------------------|----------|
| Y | SMOO1 | LEVE1 | TREN1 | FITS1 | RES1 | FORE1 | UPPE1 | LOWE1 | MR | Y-Y' | (Y-Y') ² | |
| 0 | -0,04539 | -0,04539 | -0,01333 | 0,63939 | -0,63939 | 0,999967 | 1,58371 | 0,416219 | | -0,63939 | 0,40882 | |
| 0 | 0,00417 | 0,00417 | -0,0127 | -0,05873 | 0,05873 | 0,999931 | 1,9351 | 0,064759 | 0,0502 | 0,05873 | 0,003449 | |
| 1 | 1,0716 | 1,0716 | -0,0019 | -0,00853 | 1,00853 | 0,999895 | 2,3015 | -0,30171 | 1,07823 | 1,00853 | 1,017133 | |
| 1 | 0,99505 | 0,99505 | -0,00265 | 1,0697 | -0,0697 | 0,999859 | 2,67307 | -0,67335 | 0,0773 | -0,0697 | 0,004858 | |
| 1 | 1,00054 | 1,00054 | -0,00257 | 0,9924 | 0,0076 | | | | 0,00557 | 0,0076 | 5,78E-05 | |
| 1 | 1,00014 | 1,00014 | -0,00254 | 0,99797 | 0,00203 | | | | 0,00037 | 0,00203 | 4,12E-06 | |
| 1 | 1,00017 | 1,00017 | -0,00252 | 0,9976 | 0,0024 | | | | 5E-05 | 0,0024 | 5,76E-06 | |
| 1 | 1,00017 | 1,00017 | -0,00249 | 0,99765 | 0,00235 | | | | 2E-05 | 0,00235 | 5,52E-06 | |
| 2 | 2,07116 | 2,07116 | 0,008241 | 0,99767 | 1,00233 | | | | 1,08173 | 1,00233 | 1,004665 | |
| 2 | 1,99436 | 1,99436 | 0,007391 | 2,0794 | -0,0794 | | | | 0,07765 | -0,0794 | 0,006304 | |
| 1 | 0,92888 | 0,92888 | -0,00334 | 2,00175 | -1,00175 | | | | 1,07621 | -1,00175 | 1,003503 | |
| 1 | 1,00529 | 1,00529 | -0,00254 | 0,92554 | 0,07446 | | | | 0,07721 | 0,07446 | 0,005544 | |
| 0 | -0,07119 | -0,07119 | -0,01328 | 1,00275 | -1,00275 | | | | 1,08722 | -1,00275 | 1,005508 | |
| 0 | 0,006 | 0,006 | -0,01238 | -0,08447 | 0,08447 | | | | 0,07809 | 0,08447 | 0,007135 | |
| 0 | 0,00045 | 0,00045 | -0,01231 | -0,00638 | 0,00638 | | | | 0,00547 | 0,00638 | 4,07E-05 | |
| 0 | 0,00084 | 0,00084 | -0,01218 | -0,01185 | 0,01185 | | | | 0,00051 | 0,01185 | 0,00014 | |
| 0 | 0,0008 | 0,0008 | -0,01206 | -0,01134 | 0,01134 | | | | 9E-05 | 0,01134 | 0,000129 | |
| 0 | 0,0008 | 0,0008 | -0,01194 | -0,01125 | 0,01125 | | | | 0,00011 | 0,01125 | 0,000127 | |
| 0 | 0,00079 | 0,00079 | -0,01182 | -0,01114 | 0,01114 | | | | 0,00011 | 0,01114 | 0,000124 | |
| 0 | 0,00078 | 0,00078 | -0,0117 | -0,01103 | 0,01103 | | | | 0,00011 | 0,01103 | 0,000122 | |
| 0 | 0,00078 | 0,00078 | -0,01158 | -0,01092 | 0,01092 | | | | 0,00011 | 0,01092 | 0,000119 | |
| 1 | 1,07176 | 1,07176 | -0,00076 | -0,01081 | 1,01081 | | | | 1,08182 | 1,01081 | 1,021737 | |
| 2 | 2,06595 | 2,06595 | 0,009192 | 1,07101 | 0,92899 | | | | 1,00414 | 0,92899 | 0,863022 | |
| 0 | -0,14733 | -0,14733 | -0,01303 | 2,07515 | -2,07515 | | | | 2,23551 | -2,07515 | 4,306248 | |
| 0 | 0,01138 | 0,01138 | -0,01132 | -0,16036 | 0,16036 | | | | 0,16043 | 0,16036 | 0,025715 | |
| 0 | 0 | 0 | -0,01132 | 0,00007 | -0,00007 | | | | 0,01139 | -0,00007 | 4,9E-09 | |
| 0 | 0,0008 | 0,0008 | -0,0112 | -0,01132 | 0,01132 | | | | 0,00093 | 0,01132 | 0,000128 | |
| 0 | 0,00074 | 0,00074 | -0,01108 | -0,01039 | 0,01039 | | | | 4E-05 | 0,01039 | 0,000108 | |
| 0 | 0,00073 | 0,00073 | -0,01097 | -0,01035 | 0,01035 | | | | 0,00011 | 0,01035 | 0,000107 | |
| 0 | 0,00073 | 0,00073 | -0,01086 | -0,01024 | 0,01024 | | | | 0,0001 | 0,01024 | 0,000105 | |
| 0 | 0,00072 | 0,00072 | -0,01075 | -0,01014 | 0,01014 | | | | 1E-04 | 0,01014 | 0,000103 | |
| 0 | 0,00071 | 0,00071 | -0,01065 | -0,01004 | 0,01004 | | | | 0,00011 | 0,01004 | 0,000101 | |
| 0 | 0,00071 | 0,00071 | -0,01054 | -0,00993 | 0,00993 | | | | 9E-05 | 0,00993 | 9,86E-05 | |
| 0 | 0,0007 | 0,0007 | -0,01044 | -0,00984 | 0,00984 | | | | 1E-04 | 0,00984 | 9,68E-05 | |
| 0 | 0,00069 | 0,00069 | -0,01033 | -0,00974 | 0,00974 | | | | 0,0001 | 0,00974 | 9,49E-05 | |
| 0 | 0,00068 | 0,00068 | -0,01023 | -0,00964 | 0,00964 | | | | 1E-04 | 0,00964 | 9,29E-05 | |
| 0 | 0,00068 | 0,00068 | -0,01013 | -0,00954 | 0,00954 | | | | 9E-05 | 0,00954 | 9,1E-05 | |
| 1 | 1,07167 | 1,07167 | 0,000685 | -0,00945 | 1,00945 | | | | 1,0818 | 1,00945 | 1,018989 | |
| 1 | 0,99486 | 0,99486 | -9E-05 | 1,07235 | -0,07235 | | | | 0,07758 | -0,07235 | 0,005235 | |
| 1 | 1,00037 | 1,00037 | -3,4E-05 | 0,99477 | 0,00523 | | | | 0,00557 | 0,00523 | 2,74E-05 | |
| 1 | 0,99998 | 0,99998 | -3,7E-05 | 1,00034 | -0,00034 | | | | 0,0004 | -0,00034 | 1,16E-07 | |
| 1 | 1 | 1 | -3,7E-05 | 0,99994 | 0,00006 | | | | 3E-05 | 0,00006 | 3,6E-09 | |
| 1 | 1 | 1 | -3,6E-05 | 0,99997 | 0,00003 | | | | 0 | 0,00003 | 9E-10 | |
| 1 | 1 | 1 | -3,6E-05 | 0,99997 | 0,00003 | | | | 0,99997 | 0,00003 | 9E-10 | |
| | | | | | | | | | 11,35687 | 0,60204 | 11,70989 | |
| | | | | | | | | | AVG MR | 0,264113 | SEE | 0,521846 |
| | | | | | | | | | BKA | 0,596896 | MSE | 0,266134 |
| | | | | | | | | | BKB | -0,5969 | | |

Lampiran 4 : Linear Programming September 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=2016000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1209600
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1209600
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1209600
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=4838400
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=4838400
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=2016000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1209600
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1209600
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1209600
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=806400
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=8
X3<=1
X1>=0
X2>=4
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END

```

Global optimal solution found.

```

Objective value:          97040.56
Infeasibilities:         0.000000
Total solver iterations: 0

```

Model Class: LP

```

Total variables:          3
Nonlinear variables:     0
Integer variables:       0

```

```

Total constraints:       24
Nonlinear constraints:   0

```

```

Total nonzeros:         53
Nonlinear nonzeros:     0

```

| Variable | Value | Reduced Cost |
|----------|----------|--------------|
| X1 | 0.000000 | 0.000000 |
| X2 | 8.000000 | 0.000000 |
| X3 | 1.000000 | 0.000000 |

| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
|-----|------------------|------------|
| 1 | 97040.56 | 1.000000 |
| 2 | 1601278. | 0.000000 |
| 3 | 918412.4 | 0.000000 |
| 4 | 890420.7 | 0.000000 |
| 5 | 896676.3 | 0.000000 |
| 6 | 4079647. | 0.000000 |
| 7 | 4185587. | 0.000000 |
| 8 | 1503499. | 0.000000 |
| 9 | 817059.0 | 0.000000 |
| 10 | 891503.7 | 0.000000 |
| 11 | 919623.6 | 0.000000 |
| 12 | 631988.0 | 0.000000 |
| 13 | 9.430000 | 0.000000 |
| 14 | 41.67000 | 0.000000 |
| 15 | 32.41000 | 0.000000 |
| 16 | 0.000000 | 4851.000 |
| 17 | 0.000000 | 9362.570 |
| 18 | 0.000000 | 22140.00 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 |
| 20 | 4.000000 | 0.000000 |
| 21 | 0.000000 | 0.000000 |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 |
| 23 | 8.000000 | 0.000000 |
| 24 | 1.000000 | 0.000000 |

Lampiran 5 : Linear Programming Oktober 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3024000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1814400
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1814400
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1814400
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7257600
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7257600
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3024000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1814400
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1814400
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1814400
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1209600
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=11
X3<=1
X1>=0
X2>=6
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END

```

Global optimal solution found.

```

Objective value:          125128.3
Infeasibilities:         0.000000
Total solver iterations: 0

```

Model Class: LP

```

Total variables:          3
Nonlinear variables:      0
Integer variables:        0

```

```

Total constraints:        24
Nonlinear constraints:    0

```

```

Total nonzeros:          53
Nonlinear nonzeros:      0

```

| Variable | Value | Reduced Cost |
|----------|-----------|--------------|
| X1 | 0.000000 | 0.000000 |
| X2 | 11.000000 | 0.000000 |
| X3 | 1.000000 | 0.000000 |

| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
|-----|------------------|------------|
| 1 | 125128.3 | 1.000000 |
| 2 | 2471049. | 0.000000 |
| 3 | 1426161. | 0.000000 |
| 4 | 1388839. | 0.000000 |
| 5 | 1397181. | 0.000000 |
| 6 | 6245939. | 0.000000 |
| 7 | 6387193. | 0.000000 |
| 8 | 2340674. | 0.000000 |
| 9 | 1291024. | 0.000000 |
| 10 | 1390283. | 0.000000 |
| 11 | 1427776. | 0.000000 |
| 12 | 977064.4 | 0.000000 |
| 13 | 9.340000 | 0.000000 |
| 14 | 38.67000 | 0.000000 |
| 15 | 31.69000 | 0.000000 |
| 16 | 0.000000 | 4851.000 |
| 17 | 0.000000 | 9362.570 |
| 18 | 0.000000 | 22140.00 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 |
| 20 | 5.000000 | 0.000000 |
| 21 | 0.000000 | 0.000000 |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 |
| 23 | 11.00000 | 0.000000 |
| 24 | 1.000000 | 0.000000 |

Lampiran 6 : Linear Programming November 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3168000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1900800
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1900800
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1900800
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7603200
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7603200
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3168000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1900800
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1900800
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1900800
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1267200
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=14
X3<=1
X1>=0
X2>=7
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END

```

Global optimal solution found.

```

Objective value:          153216.0
Infeasibilities:         0.000000
Total solver iterations: 0

```

Model Class: LP

```

Total variables:          3
Nonlinear variables:      0
Integer variables:        0

```

```

Total constraints:        24
Nonlinear constraints:    0

```

```

Total nonzeros:          53
Nonlinear nonzeros:      0

```

| Variable | Value | Reduced Cost |
|----------|-----------|--------------|
| X1 | 0.000000 | 0.000000 |
| X2 | 14.000000 | 0.000000 |
| X3 | 1.000000 | 0.000000 |

| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
|-----|------------------|------------|
| 1 | 153216.0 | 1.000000 |
| 2 | 2476820. | 0.000000 |
| 3 | 1415510. | 0.000000 |
| 4 | 1368858. | 0.000000 |
| 5 | 1379286. | 0.000000 |
| 6 | 6338631. | 0.000000 |
| 7 | 6515199. | 0.000000 |
| 8 | 2313850. | 0.000000 |
| 9 | 1246589. | 0.000000 |
| 10 | 1370662. | 0.000000 |
| 11 | 1417529. | 0.000000 |
| 12 | 976540.7 | 0.000000 |
| 13 | 9.250000 | 0.000000 |
| 14 | 35.67000 | 0.000000 |
| 15 | 30.97000 | 0.000000 |
| 16 | 0.000000 | 4851.000 |
| 17 | 0.000000 | 9362.570 |
| 18 | 0.000000 | 22140.00 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 |
| 20 | 7.000000 | 0.000000 |
| 21 | 0.000000 | 0.000000 |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 |
| 23 | 14.00000 | 0.000000 |
| 24 | 1.000000 | 0.000000 |

Lampiran 7 : Linear Programming Desember 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3168000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1900800
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1900800
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1900800
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7603200
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7603200
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3168000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1900800
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1900800
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1900800
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1267200
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=17
X3<=1
X1>=0
X2>=8
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END

```

Global optimal solution found.

```

Objective value:          181303.7
Infeasibilities:         0.000000
Total solver iterations: 0

```

Model Class: LP

```

Total variables:          3
Nonlinear variables:      0
Integer variables:        0

```

```

Total constraints:        24
Nonlinear constraints:    0

```

```

Total nonzeros:          53
Nonlinear nonzeros:      0

```

| Variable | Value | Reduced Cost |
|----------|-----------|--------------|
| X1 | 0.000000 | 0.000000 |
| X2 | 17.000000 | 0.000000 |
| X3 | 1.000000 | 0.000000 |

| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
|-----|------------------|------------|
| 1 | 181303.7 | 1.000000 |
| 2 | 2338591. | 0.000000 |
| 3 | 1318458. | 0.000000 |
| 4 | 1262476. | 0.000000 |
| 5 | 1274991. | 0.000000 |
| 6 | 6085723. | 0.000000 |
| 7 | 6297605. | 0.000000 |
| 8 | 2143026. | 0.000000 |
| 9 | 1115755. | 0.000000 |
| 10 | 1264641. | 0.000000 |
| 11 | 1320881. | 0.000000 |
| 12 | 918417.1 | 0.000000 |
| 13 | 9.160000 | 0.000000 |
| 14 | 32.67000 | 0.000000 |
| 15 | 30.25000 | 0.000000 |
| 16 | 0.000000 | 4851.000 |
| 17 | 0.000000 | 9362.570 |
| 18 | 0.000000 | 22140.00 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 |
| 20 | 9.000000 | 0.000000 |
| 21 | 0.000000 | 0.000000 |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 |
| 23 | 17.00000 | 0.000000 |
| 24 | 1.000000 | 0.000000 |

Lampiran 8 : Integer Programming September 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=2016000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1209600
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1209600
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1209600
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=4838400
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=4838400
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=2016000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1209600
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1209600
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1209600
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=806400
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=8
X3<=1
X1>=0
X2>=4
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END
GIN 3

Global optimal solution found.
Objective value:                97040.56
Objective bound:                97040.56
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        0

Model Class:                    MILP

Total variables:                 3
Nonlinear variables:             0
Integer variables:              3

Total constraints:               24
Nonlinear constraints:           0

Total nonzeros:                 53
Nonlinear nonzeros:             0

      Variable      Value      Reduced Cost
      X1             0.000000      -4851.000
      X2             8.000000      -9362.570
      X3             1.000000      -22140.00

      Row      Slack or Surplus      Dual Price
      1             97040.56             1.000000
      2             1601278.             0.000000
      3             918412.4             0.000000
      4             890420.7             0.000000
      5             896676.3             0.000000
      6             4079647.             0.000000
      7             4185587.             0.000000
      8             1503499.             0.000000
      9             817059.0             0.000000
      10            891503.7             0.000000
      11            919623.6             0.000000
      12            631988.0             0.000000
      13             9.430000             0.000000
      14            41.67000             0.000000
      15            32.41000             0.000000
      16             0.000000             0.000000
      17             0.000000             0.000000
      18             0.000000             0.000000
      19             0.000000             0.000000
      20             4.000000             0.000000
      21             0.000000             0.000000
      22             0.000000             0.000000
      23             8.000000             0.000000
      24             1.000000             0.000000

```

Lampiran 9 : Integer Programming Oktober 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3024000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1814400
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1814400
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1814400
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7257600
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7257600
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3024000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1814400
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1814400
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1814400
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1209600
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=11
X3<=1
X1>=0
X2>=6
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END
GIN 3

Global optimal solution found.
Objective value:                125128.3
Objective bound:                125128.3
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:         0
Total solver iterations:       0

Model Class:                    MILP

Total variables:                3
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              3

Total constraints:              24
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                53
Nonlinear nonzeros:            0

      Variable      Value      Reduced Cost
      X1             0.000000      -4851.000
      X2             11.000000      -9362.570
      X3             1.000000      -22140.00

      Row      Slack or Surplus      Dual Price
      1             125128.3             1.000000
      2             2471049.             0.000000
      3             1426161.             0.000000
      4             1388839.             0.000000
      5             1397181.             0.000000
      6             6245939.             0.000000
      7             6387193.             0.000000
      8             2340674.             0.000000
      9             1291024.             0.000000
      10            1390283.             0.000000
      11            1427776.             0.000000
      12            977064.4             0.000000
      13             9.340000             0.000000
      14            38.67000             0.000000
      15            31.69000             0.000000
      16             0.000000             0.000000
      17             0.000000             0.000000
      18             0.000000             0.000000
      19             0.000000             0.000000
      20             5.000000             0.000000
      21             0.000000             0.000000
      22             0.000000             0.000000
      23             11.00000             0.000000
      24             1.000000             0.000000
    
```

Lampiran 10 : Integer Programming November 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3168000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1900800
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1900800
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1900800
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7603200
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7603200
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3168000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1900800
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1900800
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1900800
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1267200
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=14
X3<=1
X1>=0
X2>=7
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END
GIN 3

Global optimal solution found.
Objective value:                153216.0
Objective bound:                153216.0
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:         0
Total solver iterations:       0

Model Class:                    MILP

Total variables:                3
Nonlinear variables:           0
Integer variables:             3

Total constraints:              24
Nonlinear constraints:         0

Total nonzeros:                53
Nonlinear nonzeros:           0

      Variable      Value      Reduced Cost
      X1             0.000000      -4851.000
      X2             14.000000      -9362.570
      X3             1.000000      -22140.00

      Row      Slack or Surplus      Dual Price
      1             153216.0             1.000000
      2             2476820.             0.000000
      3             1415510.             0.000000
      4             1368858.             0.000000
      5             1379286.             0.000000
      6             6338631.             0.000000
      7             6515199.             0.000000
      8             2313850.             0.000000
      9             1246589.             0.000000
      10            1370662.             0.000000
      11            1417529.             0.000000
      12            976540.7             0.000000
      13             9.250000             0.000000
      14            35.67000             0.000000
      15            30.97000             0.000000
      16             0.000000             0.000000
      17             0.000000             0.000000
      18             0.000000             0.000000
      19             0.000000             0.000000
      20             7.000000             0.000000
      21             0.000000             0.000000
      22             0.000000             0.000000
      23            14.00000             0.000000
      24             1.000000             0.000000
    
```

Lampiran 11 : Integer Programming Desember 2010

```

MAX 4851X1+9362.57X2+22140X3
ST
46341.943X1+46076.290X2+46111.920X3<=3168000
32616.168X1+32350.460X2+32383.960X3<=1900800
35724.067X1+35460.530X2+35495.070X3<=1900800
35031.680X1+34765.010X2+34803.650X3<=1900800
84572.720X1+84302.640X2+84331.800X3<=7603200
72799.757X1+72531.290X2+72562.870X3<=7603200
57212.274X1+56941.380X2+56970.380X3<=3168000
43885.217X1+43611.600X2+43648.210X3<=1900800
35611.760X1+35340.320X2+35373.760X3<=1900800
32471.734X1+32215.820X2+32249.880X3<=1900800
19637.745X1+19374.550X2+19415.570X3<=1267200
0.10X1+0.03X2+0.33X3<=10
0.00X1+1.00X2+0.33X3<=50
0.30X1+0.24X2+0.67X3<=35
X1<=0
X2<=17
X3<=1
X1>=0
X2>=8
X3>=1
X1>=0
X2>=0
X3>=0
END
GIN 3

Global optimal solution found.
Objective value:                181303.7
Objective bound:                181303.7
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        0

Model Class:                    MILP

Total variables:                 3
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              3

Total constraints:              24
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                 53
Nonlinear nonzeros:            0

      Variable      Value      Reduced Cost
      X1             0.000000      -4851.000
      X2             17.000000      -9362.570
      X3             1.000000      -22140.00

      Row      Slack or Surplus      Dual Price
      1             181303.7             1.000000
      2             2338591.             0.000000
      3             1318458.             0.000000
      4             1262476.             0.000000
      5             1274991.             0.000000
      6             6085723.             0.000000
      7             6297605.             0.000000
      8             2143026.             0.000000
      9             1115755.             0.000000
      10            1264641.             0.000000
      11            1320881.             0.000000
      12            918417.1             0.000000
      13            9.160000             0.000000
      14            32.67000             0.000000
      15            30.25000             0.000000
      16            0.000000             0.000000
      17            0.000000             0.000000
      18            0.000000             0.000000
      19            0.000000             0.000000
      20            9.000000             0.000000
      21            0.000000             0.000000
      22            0.000000             0.000000
      23            17.00000             0.000000
      24            1.000000             0.000000
    
```

Lampiran 12 : Perhitungan Analisa Sensitivitas

SEPTEMBER 2010

Ranges in which the basis is unchanged:

Objective Coefficient Ranges:

| Variable | Current Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| X1 | 4851.000 | INFINITY | 4851.000 |
| X2 | 9362.570 | INFINITY | 9362.570 |
| X3 | 22140.00 | INFINITY | 22140.00 |

Righthand Side Ranges:

| Row | Current RHS | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| 2 | 2016000. | INFINITY | 1601278. |
| 3 | 1209600. | INFINITY | 918412.4 |
| 4 | 1209600. | INFINITY | 890420.7 |
| 5 | 1209600. | INFINITY | 896676.3 |
| 6 | 4838400. | INFINITY | 4079647. |
| 7 | 4838400. | INFINITY | 4185587. |
| 8 | 2016000. | INFINITY | 1503499. |
| 9 | 1209600. | INFINITY | 817059.0 |
| 10 | 1209600. | INFINITY | 891503.7 |
| 11 | 1209600. | INFINITY | 919623.6 |
| 12 | 806400.0 | INFINITY | 631988.0 |
| 13 | 10.00000 | INFINITY | 9.430000 |
| 14 | 50.00000 | INFINITY | 41.67000 |
| 15 | 35.00000 | INFINITY | 32.41000 |
| 16 | 0.000000 | 18.61809 | 0.000000 |
| 17 | 8.000000 | 18.73490 | 4.000000 |
| 18 | 1.000000 | 18.71919 | 0.000000 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 20 | 4.000000 | 4.000000 | INFINITY |
| 21 | 1.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 23 | 0.000000 | 8.000000 | INFINITY |
| 24 | 0.000000 | 1.000000 | INFINITY |

OKTOBER 2010

Ranges in which the basis is unchanged:

Objective Coefficient Ranges:

| Variable | Current Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| X1 | 4851.000 | INFINITY | 4851.000 |
| X2 | 9362.570 | INFINITY | 9362.570 |
| X3 | 22140.00 | INFINITY | 22140.00 |

Righthand Side Ranges:

| Row | Current RHS | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| 2 | 3024000. | INFINITY | 2471049. |
| 3 | 1814400. | INFINITY | 1426161. |
| 4 | 1814400. | INFINITY | 1388839. |
| 5 | 1814400. | INFINITY | 1397181. |
| 6 | 7257600. | INFINITY | 6245939. |
| 7 | 7257600. | INFINITY | 6387193. |
| 8 | 3024000. | INFINITY | 2340674. |
| 9 | 1814400. | INFINITY | 1291024. |
| 10 | 1814400. | INFINITY | 1390283. |
| 11 | 1814400. | INFINITY | 1427776. |
| 12 | 1209600. | INFINITY | 977064.4 |
| 13 | 10.00000 | INFINITY | 9.340000 |
| 14 | 50.00000 | INFINITY | 38.67000 |
| 15 | 35.00000 | INFINITY | 31.69000 |
| 16 | 0.000000 | 29.41820 | 0.000000 |
| 17 | 11.00000 | 29.60277 | 5.000000 |
| 18 | 1.000000 | 28.30303 | 0.000000 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 20 | 6.000000 | 5.000000 | INFINITY |
| 21 | 1.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 23 | 0.000000 | 11.00000 | INFINITY |
| 24 | 0.000000 | 1.000000 | INFINITY |

Lampiran 12 : Analisa Sensitivitas (Lanjutan)

November 2010

Ranges in which the basis is unchanged:

Objective Coefficient Ranges:

| Variable | Current Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| X1 | 4851.000 | INFINITY | 4851.000 |
| X2 | 9362.570 | INFINITY | 9362.570 |
| X3 | 22140.00 | INFINITY | 22140.00 |

Righthand Side Ranges:

| Row | Current RHS | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| 2 | 3168000. | INFINITY | 2476820. |
| 3 | 1900800. | INFINITY | 1415510. |
| 4 | 1900800. | INFINITY | 1368858. |
| 5 | 1900800. | INFINITY | 1379286. |
| 6 | 7603200. | INFINITY | 6338631. |
| 7 | 7603200. | INFINITY | 6515199. |
| 8 | 3168000. | INFINITY | 2313850. |
| 9 | 1900800. | INFINITY | 1246589. |
| 10 | 1900800. | INFINITY | 1370662. |
| 11 | 1900800. | INFINITY | 1417529. |
| 12 | 1267200. | INFINITY | 976540.7 |
| 13 | 10.00000 | INFINITY | 9.250000 |
| 14 | 50.00000 | INFINITY | 35.67000 |
| 15 | 35.00000 | INFINITY | 30.97000 |
| 16 | 0.000000 | 28.40568 | 0.000000 |
| 17 | 14.00000 | 28.58389 | 7.000000 |
| 18 | 1.000000 | 28.03030 | 0.000000 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 20 | 7.000000 | 7.000000 | INFINITY |
| 21 | 1.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 23 | 0.000000 | 14.00000 | INFINITY |
| 24 | 0.000000 | 1.000000 | INFINITY |

DESEMBER 2010

Ranges in which the basis is unchanged:

Objective Coefficient Ranges:

| Variable | Current Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| X1 | 4851.000 | INFINITY | 4851.000 |
| X2 | 9362.570 | INFINITY | 9362.570 |
| X3 | 22140.00 | INFINITY | 22140.00 |

Righthand Side Ranges:

| Row | Current RHS | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| 2 | 3168000. | INFINITY | 2338591. |
| 3 | 1900800. | INFINITY | 1318458. |
| 4 | 1900800. | INFINITY | 1262476. |
| 5 | 1900800. | INFINITY | 1274991. |
| 6 | 7603200. | INFINITY | 6085723. |
| 7 | 7603200. | INFINITY | 6297605. |
| 8 | 3168000. | INFINITY | 2143026. |
| 9 | 1900800. | INFINITY | 1115755. |
| 10 | 1900800. | INFINITY | 1264641. |
| 11 | 1900800. | INFINITY | 1320881. |
| 12 | 1267200. | INFINITY | 918417.1 |
| 13 | 10.00000 | INFINITY | 9.160000 |
| 14 | 50.00000 | INFINITY | 32.67000 |
| 15 | 35.00000 | INFINITY | 30.25000 |
| 16 | 0.000000 | 25.42438 | 0.000000 |
| 17 | 17.00000 | 25.58389 | 9.000000 |
| 18 | 1.000000 | 25.56244 | 0.000000 |
| 19 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 20 | 8.000000 | 9.000000 | INFINITY |
| 21 | 1.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 22 | 0.000000 | 0.000000 | INFINITY |
| 23 | 0.000000 | 17.00000 | INFINITY |
| 24 | 0.000000 | 1.000000 | INFINITY |