

**OPTIMASI JADWAL OPERASI MESIN PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN METODE INTEGER PROGRAMMING**

(Studi Kasus : Mesin PLTD Bitung di Sulawesi Utara)

**TESIS**

Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Magister



Oleh :

**Meidy Pingkan Yosefin Kawulur**

**106090401111001**

**PROGRAM MAGISTER MATEMATIKA**

**PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG**

**2012**

# OPTIMASI JADWAL OPERASI MESIN PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN METODE INTEGER PROGRAMMING (Studi Kasus: Mesin PLTD Bitung di Sulawesi Utara)

## Studi Kasus: Mesin PLTD Bitung di Sulawesi Utara

# HEIDY PINGKAN YOSEFIN KAWULUR

**Telah dipertahankan di depan penguji**

ada tanggal 03 Agustus 2012

Ketua

**Prof. Dr. Agus Widodo, M.Kes**  
**NIP.195305231983031002**

**Dr. H. Sobri Abusini, M.T**  
**NIP.196012071988021001**

**Program Magister Pascasarjana  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Ketua Program Studi S2 Matematika**

## **Prospektus Program Studi S2 Matematika**

**Prof. Dr. Agus Widodo, M.Kes**  
NIP. 195305231983031002



**JUDUL:**

**OPTIMASI JADWAL OPERASI MESIN PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN METODE INTEGER PROGRAMMING** (Studi Kasus : Mesin PLTD Bitung di Sulawesi Utara)

**Nama Mahasiswa :** Meidy Pingkan Yosefin Kawulur

**NIM :** 106090401111001

**Program Studi :** Matematika

**Minat :** Matematika

**KOMISI PEMBIMBING :**

**Ketua :** Prof. Dr. Agus Widodo, M.Kes

**Anggota :** Dr. H. Sobri Abusini, M.T

**TIAM PENGUJI :**

**Dosen Penguji 1 :** Prof. Dr. Marjono, M.Phil

**Dosen Penguji 2 :** Drs. Marsudi, M.S

**Tanggal Ujian :** 03 Agustus 2012

**SK Penguji :**

iii

### **PERNYATAAN ORISINALITAS**

### **LAPORAN PENELITIAN TESIS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Laporan Penelitian Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Laporan Penelitian Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan Tesis, saya bersedia Tesis (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 03 Agustus 2012

Meidy P.Y. Kawulur  
Nim. 106090401111001



**A. Data Pribadi**

Nama : Meidy Pingkan Yosefin Kawulur, S.Si

Tempat/Tanggal Lahir : Picuan Baru, 1 Mei 1974

Alamat : Politeknik Indah Blok EE,04 Kairagi II Manado

NIP : 197405012000032001

Pangkat/Golongan : Pembina, IV/a

Nama Suami : Yongkie H. Lombogia, S.ST

Anak-anak : 1. Juan Pablo Lombogia

2. Andrea Theresa Lombogia

**B. Riwayat Pendidikan**

SD (SD GMIM Picuan Baru)

SMP (SMP Negeri 1 Motoling)

SMA (SMA Kr.Tomohon)

S1 Matematika UKI Tomohon

S2 Matematika Universitas Brawijaya Malang

C.Riwayat Pekerjaan

1. Dosen Yayasan Fakultas MIPA UKI-Tomohon

Tahun 1996-1997

2. Dosen Fakultas Pertanian UKI-Tomohon

Tahun 1996

3. Karyawan PT. Intermas Tata Trading Manado

Tahun 1997

4. Tim Independen Proyek Sekolah DIKNAS Manado

Tahun 1998

5. Sekretaris Jurusan Matematika UKI-Tomohon

Tahun 1998-1999

6. PNS (Dosen) Politeknik Negeri Manado

Tahun 2000-sekarang

7. Tim Pengajar PT.Newmont Minahasa Raya

Tahun 2001-2002

8. Tim Pengajar PT.PLN (Persero)

Tahun 2003-2007

**RIWAYAT HIDUP PENULIS**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Yang Maha Kuasa, karena atas bimbingannya maka laporan penulisan tesis ini dapat selesai. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Agus Widodo, M.Kes, selaku Ketua Komisi Pembimbing dan Ketua Program Studi S2 Matematika yang telah memberikan ide dan saran, membimbing dan mengarahkan penulis sehingga bisa melaksanakan dan menyelesaikan penulisan tesis ini.
2. Dr. Sobri Abusini, M.T, selaku Anggota Komisi Pembimbing yang telah mengarahkan dan memberikan ide serta saran pada penulis sehingga bisa menyelesaikan penelitian tesis ini.
3. Tim Dosen Pengudi, Prof. Dr. Marjono, M.Phil, dan Drs. Marsudi, M.S yang telah membantu penulis untuk lebih menyempurnakan penelitian ini dengan diskusi dan arahan.
4. Suami tercinta Yongkie H. Lombogi, S.ST, kedua anak tersayang Juan Pablo dan Andrea Theresa, kedua orang tua, serta keluarga atas dukungan doa, dorongan moril, materiil dan kebijaksanaan serta pengertiannya.
5. Staff FMIPA, mbak Trisna dan mas Hari, atas segala kemudahannya dalam pengurusan administrasi.
6. Teman-teman S2 Matematika Universitas Brawijaya angkatan 2010, teman-teman Persekutuan Ibadah Batujajar, serta semua pihak yang telah turut membantu penulis selama ini.

Malang, Agustus 2012

Penulis

## **OPTIMASI JADWAL OPERASI MESIN PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN METODE INTEGER PROGRAMMING**

**(Studi Kasus : MESIN PLTD BITUNG DI SULAWESI UTARA)**

### **RINGKASAN**

Penelitian tesis ini dilakukan untuk memberikan pendekatan baru terhadap penjadwalan operasi pembangkit listrik tenaga disel yang ada di Bitung Sulawesi Utara. Pembangkit Listrik Tenaga Disel Bitung di Sulawesi Utara memiliki 8 buah mesin dengan tipe mesin yang berbeda dengan berbagai kemampuan. Mesin-mesin tersebut menggunakan bahan bakar minyak solar, sehingga tergolong pembangkit listrik dengan biaya yang tinggi. Untuk mengatasi pemborosan bahan bakar minyak solar dalam pembangkit listrik ini dilakukan pengoptimalan jadwal pengoperasian mesin-mesin yang ada.

Data yang berupa kebutuhan daya yang digunakan oleh konsumen dalam sistem pengoperasian diduga dengan menggunakan pengujian distribusi data dalam hal ini digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk uji normal dengan taraf nyata  $\alpha = 0.05$ . Dengan menggunakan distribusi normal untuk sampel yang besar didapat kebutuhan daya yang harus dibangkitkan oleh sistem pada masing-masing interval waktu, dan nilai ini dibuat suatu model matematika untuk mencari kombinasi mesin yang dioperasikan. Sebagai tujuan penelitian ini adalah dengan menggunakan Metode *Integer Programming* dapat ditentukan kombinasi daripada mesin-mesin yang akan dijadwalkan untuk dioperasikan, agar penggunaan bahan bakar minyak solar dapat diminimumkan sehingga dapat menekan biaya operasi sistem pembangkit listrik tenaga disel.

Melalui penjadwalan dengan menggunakan model Zero-One Integer Programming sebagai pemecahan masalah menggunakan algoritma aditif dihasilkan kombinasi mesin-mesin yang optimal dioperasikan pada semua interval waktu. Pada waktu tertentu tidak semua mesin harus beroperasi tetapi tetap memenuhi kebutuhan dari konsumen, dalam hal ini dapat memberikan suatu kontribusi yang sangat efisien bagi perusahaan listrik. Melihat pengoperasian mesin pada masing-masing interval waktu, dimana pada waktu 00.00-03.00, 03.00-06.00, 21.00-24.00 terdapat dua mesin yang optimal beroperasi. Waktu 06.00-09.00, 09.00-12.00, 15.00-18.00 terdapat tiga mesin yang optimal dioperasikan. Waktu 18.00-21.00 terdapat lima mesin yang optimal dioperasikan, pada jam ini lebih banyak mesin yang dioperasikan karena pemakaian daya listrik meningkat daripada jam yang lainnya.

## SCHEDULE OPTIMIZATION ENGINE OPERATING ON GENERATION OF ELECTRICAL POWER SYSTEM WITH INTEGER PROGRAMMING METHOD

(A case study: Machine PLTD Bitung in North Sulawesi)

### SUMMARY

*This research was conducted to provide new approach operating of scheduling diesel power plant of Bitung in North Sulawesi. Diesel power plant of Bitung in North Sulawesi have 8 machines with type a different machine with a different ability. These engines use fuel oil diesel fuel, so it belongs to power plants with high costs. Then to tackle the waste of fuel oil in the solar power generation is done schedule optimization operation of existing machines.*

*The data in the form of the needs of the power used by consumers in the operated system by using the testing distribution is suspected of data in this case is used to test Kolmogorov-Smirnov with normal test  $\alpha = 0.05$ . By using the normal distribution for large samples obtained power needs to be generated by the system at each time interval, and this value in the create a mathematical model to find the combination of machines operated. As the purpose of this research is to use Integer Programming Method can be specified the combination than the machines that will be scheduled to operated, in order to use fuel oil solar can be minimized so it can hit the expenses system operating diesel power.*

*Through scheduling by using the model of Zero-One Integer Programming as a problem-solving using additive algorithm produced a combination of optimal machine is operated in all time interval. At any given time not all machines have to operate but still meet the needs of consumers, in this case can provide a very efficient contribution to the electric company. See the operation of the machine at each time interval, where in time is 00.00-03.00, 00-06.00, 21.00-24.00 there are two optimal engine operation. Time 06.00-09.00, 09.00-12.00, 15.00-18.00 there are three optimal machine operated. Time 18.00-21.00 there are five optimal machine operated, at more of this machine which is operated as an electric power consumption increased by more than an hour.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Yang Maha Besar Tuhan, karena dengan bimbingan-NYA maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul Optimasi Jadwal Operasi Mesin Pada Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Metode *Integer Programming* (Studi Kasus: Mesin PLTD Bitung di Sulawesi Utara) yang merupakan salah satu syarat kelulusan dan memperoleh gelar sebagai Magister Matematika di Universitas Brawijaya. Laporan tesis ini dapat disampaikan setelah penulis melakukan penelitian terkaita topik tesis, seperti studi literatur, pengambilan data, pengolahan data serta analisis data. Tesis ini adalah sebuah tahapan untuk mengembangkan penelitian lain tentang optimasi penjadwalan dalam bidang industri.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian tesis ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk evaluasi lebih lanjut. Akhirnya, semoga laporan tesis ini bisa memberikan manfaat yang lebih baik kepada para pembaca. Terima Kasih.

Malang, Agustus 2012a

Penulis

ix

## **DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	1
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>IDENTITAS TIM PENGUJI</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b> .....	v
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2. Permasalahan Penelitian .....	4
1.3. Batasan Masalah Penelitian .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Tenaga Listrik .....	6
2.2. Pengoperasian Mesin Diesel .....	6
2.3. Efisiensi Mesin .....	8
2.4. Karakteristik Unit Pembangkit .....	8
2.5. Operasi Ekonomis Sistem Tenaga Listrik .....	9
2.6. Pengujian Distribusi Data .....	10
2.7. Program Linier .....	13
2.8. Integer Programming .....	15
2.8.1. Model umum Integer Programming .....	15
2.8.2. Masalah Integer Zero-One .....	16
2.8.3. Algoritma Aditif .....	16
<b>BAB III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN</b> .....	21
<b>BAB IV. METODELOGI PENELITIAN</b> .....	22
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
5.1. Pengujian Distribusi Data .....	25
5.2. Model Matematika dan Penyelesaian .....	26
5.2.1. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 00.00-03.00 .....	28
5.2.2. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 03.00-06.00 .....	31
5.2.3. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 06.00-09.00 .....	33

5.2.4. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 09.00-12.00.....	36
5.2.5. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 12.00-15.00.....	40
5.2.6. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 15.00-18.00.....	43
5.2.7. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 18.00-21.00.....	46
5.2.8. Model Matematika yang Didapatkan Oleh Sistem Pada Interval Jam 21.00-24.00.....	50
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan.....	54
6.2. Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	56
<b>LAMPIRAN</b> .....	61

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 1.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 00.00-03.00.....	28
<b>Tabel 2.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 03.00-06.00.....	31
<b>Tabel 3.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 06.00-09.00.....	34
<b>Tabel 4.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 09.00-12.00.....	37
<b>Tabel 5.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 12.00-15.00.....	40
<b>Tabel 6.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 15.00-18.00.....	43
<b>Tabel 7.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 18.00-21.00.....	47
<b>Tabel 8.</b> Model Matematika Pada Interval Waktu 21.00-24.00.....	51
<b>Tabel 9.</b> Kombinasi Mesin Pada Masing-Masing Interval Waktu.....	53

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1. Diagram Alir Konsep Penelitian.....	21
Gambar 4.1. Diagram Alir Pengolahan Data Penelitian.....	23
Gambar 5.1. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 00.00-03.00.....	26
Gambar 5.2. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 03.00-06.00.....	57
Gambar 5.3. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 06.00-09.00.....	58
Gambar 5.4. Grafik Peluang Normal pada Intervyal waktu 09.00-12.00.....	58
Gambar 5.5. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 12.00-15.00.....	59
Gambar 5.6. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 15.00-18.00.....	59
Gambar 5.7. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 18.00-21.00.....	60
Gambar 5.8. Grafik Peluang Normal pada Interval waktu 21.00-24.00.....	60

**Halaman**



### **1.1. Latar Belakang**

Penggunaan energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat

penting dalam menunjang proses kehidupan, mulai dari rumah tangga, bisnis, pendidikan sampai ke industri. Selain bermanfaat untuk penerangan energi listrik

juga diperlukan dalam penggunaan alat-alat elektronik hingga ke motor-motor

listrik. Dengan semakin banyak peralatan teknologi berarti semakin meningkatnya

pemakaian tenaga listrik, maka terjadi peningkatan penyediaan daya terpasang

sehingga harus diimbangi dengan mutu layanan yang baik dan efisien dalam

penggunaan serta pengoperasian sistem tenaga listrik.

PT.PLN (Persero) adalah merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa

yakni memberikan pelayanan kepada masyarakat dalam hal kelistrikan di

Indonesia. Salah satu upaya PLN dalam meningkatkan pelayanan kepada

pelanggan adalah bagaimana menjaga kontinuitas dan meningkatkan mutu yang

sesuai dengan kebutuhan konsumen. Kenyataannya, negara kita saat ini sering

terjadi pemadaman listrik secara bergilir, hal ini disebabkan karena kebutuhan

daya listrik manusia yang semakin meningkat dan tidak diimbangi dengan

penyediaan daya listrik yang ada. Karena kemampuan yang terbatas dalam

penyediaan daya listrik makatidak semua permintaan penyambungan aliran listrik

dapat di penuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sementara itu sering

terjadi penyaluran tenaga listrik kepada konsumen dilakukan dengan kondisi

bebani tertenan (*suppressed demand*).

## **BAB I PENDAHULUAN**



Melihat kondisi kebutuhan listrik dari masyarakat yang semakin meningkat, maka menyulitkan usaha pemenuhan kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik dalam jumlah dan mutu yang dapat diandalkan, maka sudah menjadi tugas dan tanggung jawab pemerintah untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, sehingga bagaimana cara mengoptimalkan pengoperasian dari sistem tenaga listrik.

Permasalahan optimasi merupakan permasalahan yang hampir dijumpai di semua aspek kehidupan. Suatu bentuk khusus dari permasalahan optimasi adalah *linear programming* atau program linier sehingga program linear ini telah banyak digunakan dalam bidang industri, transportasi, perdagangan dan sebagainya.

Model *integer programming* merupakan bagian dari teknik program linier yang membutuhkan keseluruhan asumsi mutlak pada program linier terkecuali bahwa variabel spesifik tidak harus bernilai *integer nonnegative* pada solusi optimal. Pendekatan riset operasi merupakan metode ilmiah yang secara khusus proses ini memulai dengan mengamati dan merumuskan masalah dan kemudian membangun suatu model ilmiah (model matematis) yang berusaha untuk mengabstraksikan inti dari persoalan yang sebenarnya.

Masalah penjadwalan pada operasi mesin dapat didekati dengan modela *integer programming* yaitu sebuah model penyelesaian matematis yang memungkinkan hasil penyelesaian kasus program linier yang berupa bilangan riil diubah menjadi bilangan bulat tanpa meninggalkan optimalitas penyelesaian.

Model yang diharapkan dalam penelitian ini adalah nilai 0 dan 1 untuk variabelnya, masalah ini dinamakan *Zero-One Integer Programming* dan sebagai metode pemecahannya dengan algoritma aditif.



PLTD Bitung di Sulawesi Utara memiliki 8 buah mesin dengan tipe mesina yang berbeda dengan berbagai kemampuan. Mesin-mesin tersebut menggunakan bahan bakar minyak, sehingga tergolong pembangkit listrik dengan biaya yang tinggi. Sehingga untuk mengatasi pemborosan bahan bakar minyak dalam pembangkit listrik ini maka langkah yang dapat ditempuh adalah mengoptimalkan mesin-mesin yang ada sesuai dengan kebutuhan konsumen atau meningkatkan taraf efisiensi dari mesin-mesin tersebut.

Penggunaan daya listrik oleh konsumen selama 24 jam tidak konstan tetapi bervariasi antara interval waktu tertentu, sehingga pada waktu tertentu tidak semua mesin yang ada harus dioperasikan. Sebelumnya pernah dilakukan pengoperasian mesin dalam waktu 24 jam dibagi 3 (tiga) interval yang terdiri dari 8 jam tetapi hal ini sangat tidak efisien dalam pengoperasian mesin-mesin tersebut karena pengoperasianya yang terlalu lama. Jadwal pengoperasian yang dilakukan pada PLTD Bitung di Sulawesi Utara dimana semua mesin yang layak dioperasikan bersamaan tanpa kombinasi mesin yang sesuai dan optimal. Sehingga pada penelitian ini, dilakukan pengoperasian dalam waktu 24 jam dibagi 8 interval dan masing-masing interval terdiri dari 3 jam. Maka pada penelitian ini akan mencari kombinasi mesin yang optimal beroperasi dengan tidak semua mesin yang harus dioperasikan, tetapi kebutuhan dari konsumen tetap terpenuhi.

Pada pengoperasian ini perlu perhitungan terlebih dahulu dugaan daya listrik yang harus dibangkitkan oleh sistem pada interval waktu tertentu sehingga bahan bakar yang dihabiskan untuk pengoperasian mesin-mesin dapat ditekan seminimum mungkin.

## 1.2. Permasalahan Penelitian

Dari latar belakang yang tertulis di atas, PLTD Bitung yang terdapat 8 buah mesin dengan kapasitas daya yang berbeda dan menggunakan bahan bakar minyak solar sehingga pembangkit ini termasuk kategori biaya yang tinggi.

Dengan interval waktu tertentu untuk memenuhi kebutuhan daripada konsumen tidak semua mesin yang harus dioperasikan tetapi hanya sebagian mesin saja, namun ada kalanya pada interval waktu yang lain ketika semua mesin dioperasikan belum memenuhi kebutuhan konsumen karena kapasitas mesin yang ada belum memadai. Sebagai permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menerapkan konsep optimasi dengan *Integer Programming* untuk mengkombinasikan mesin-mesin pembangkit tenaga listrik yang dioperasikan agar supaya memperoleh solusi optimal sehingga dapat menekan pengeluaran biaya dan berkurangnya penggunaan bahan bakar agar dapat dicapai biaya operasi yang minimum.

2. Bagaimana merencanakan penjadwalan operasi pembangkit tenaga listrik yang paling optimal.

## 1.3. Batasan Masalah penelitian

Dalam penyusunan tesis ini dibatasi pada:

- Data yang diambil pada batas kemampuan mesin yang ada di PLTD Bitung Sulawesi Utara.

- Pengaruh parameter yang dibahas adalah kapasitas daya mesin, bahan bakar dan biaya pengeluaran bahan bakar masing-masing mesin dalam setiap interval waktu.

Karena variabel keputusan yang diambil adalah *hol* untuk mesin yang tidak beroperasi dan satu untuk mesin yang beroperasi, maka model *Integer programming* yang digunakan adalah *Zero-One Integer* dengan pemecahannya melalui algoritma aditif.

**1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan konsep *Integer Programming* dalam menentukan kombinasi mesin-mesin yang optimal untuk dioperasikan supaya bahan bakar yang diperlukan seminimal mungkin, sehingga dapat memberikan kontribusi yang efisien bagi Perusahaan Listrik Negara.
2. Merencanakan jadwal operasi pembangkit tenaga listrik yang paling optimal.

**1.5. Manfaat Penelitian**

- Diperoleh penjadwalan operasi mesin PLTD dengan metode *Integer Programming* agar hasil yang didapat adalah solusi yang optimal sehingga pendistribusian tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan listrik masyarakat.
- Penjadwalan mesin-mesin yang dioperasikan dapat meningkatkan efisiensi, sehingga keandalan sistem serta kontinuitas pelayanan dapat ditingkatkan.

## **2.1. Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen-komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pembangkit tenaga listrik yang lokasinya berjauhan satu sama lain terhubung ke sistem transmisi yang luas untuk memacu tenaga listrik pada beban yang terbesar, disebut sebagai sistem interkoneksi. Adanya sistem interkoneksi menyebabkan keandalan sistem yang semakin tinggi, effisiensi pembangkitan tenaga listrik dalam sistem meningkat dan mempermudah penjadwalan pembangkit tenaga listrik.

Sebuah sistem tenaga listrik merupakan sebuah unit usaha dimana selain faktor teknis, faktor ekonomis sangat dominan dalam pengoperasiannya. Secara umum selalu dijaga kondisi *balance* (kesetimbangan) antara pendapatan (penjualan) dan pengeluaran (pembayaran) agar dapat diperoleh margin keuntungan yang layak, sehingga unit usaha dapat dijaga kelangsungannya.

Demikian pula untuk unit usaha tenaga listrik. Bagian terbesar dari unit pemberian dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik adalah bahan baku energi (sekitar 80%), selain itu naik turunnya pemakaian selalu terkait dengan penggunaan energi listrik oleh beban (*Willian, dkk, 1982*).

## **2.2. Pengoperasian Mesin Diesel**

Masalah pengoperasian mesin Diesel PLTD sangat tergantung pada kondisi peralatan utama dan peralatan bantu mesin diesel tersebut. Mesin Diesel dikenal

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Repository Universitas Brawijaya

dengan sebutan Motor Pembakaran Kompresi (*Compression Ignition Engine*) dia mana bahan bakar terbakar sendiri akibat kompresi yang tinggi. Bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar dikabutkan oleh pengabut (*injektor*) dengan tekanan yang tinggi sesuai dengan instruksi manual dari mesin yang bersangkutan.

Berdasarkan proses kerjanya, mesin disel dibagi dua macam, yaitu:

- a. Mesin Disel 2 (dua) langkah
- b. Mesin Disel 4 (empat) langkah

Pada umumnya pemakaian mesin disel yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik mulai daya kecil hingga daya besar menggunakan jenis mesin disel 4 langkah. Prinsip kerja Mesin Disel 4 langkah adalah proses kerja mesin untuk menghasilkan satu kali pembakaran (kerja/usaha) torak bergerak empat kali.

Gerakan torak dalam mesin dinamakan Langkah Torak yang mempunyai Titik Minimum dan Titik Maksimum dari gerakan torak tersebut, secara umum disebut Titik Mati Bawah (TMB) dan Titik Mati Atas (TMA).

Gerakan yang menghasilkan kerja atau usaha berlangsung secara berurutan dan terus menerus maka kegiatan untuk menghasilkan kerja atau usaha disebut siklus.

Kemudian torak yang mempunyai gerakan lurus diubah menjadi gerakan putar dengan menggunakan poros engkol. Satu siklus kerja mesin disel 4 langkah mempunyai empat (4) kali gerakan torak dari TMB –TMA maupu dari TMA –

TMB yang masing-masing gerakan torak melakukan proses yang disesuaikan dengan kondisi kerja katup (*Suyitno, 2011*).



## 2.5. Operasi Ekonomis Sistem Tenaga Listrik

Pada suatu sistem pembangkit listrik, biaya pembangkitan akan menjadi makin besar selaras dengan makin jauhnya jarak antar pembangkit. Kondisi ini terjadi karena kerugian-kerugian (*losses*) jalur transmisi semakin besar dengan bertambahnya jarak. Maka untuk mengatasi hal ini diperlukan penjadwalan operasi mesin yang efisien agar biaya yang dikeluarkan untuk pembangkit listrik lebih ekonomis (*Robandi, 2006*).

Konfigurasi pembebanan atau penjadwalan mesin pembangkit listrik yang berbeda dapat memberikan biaya operasi pembangkit tenaga listrik yang berbeda pula, tergantung dari karakteristik masing-masing mesin pembangkit tenaga listrik yang diberikan. Pada umumnya yang dihadapi pada jadwal kerja terdiri dari dua masalah yang saling berkaitan, kedua masalah tersebut adalah:

- *Unit Commitment*, yaitu penentuan kombinasi mesin-mesin yang dioperasikan pada suatu periode untuk memenuhi kebutuhan beban sistem pada periode tersebut dengan biaya yang ekonomis.

- *Economic Dispatch*, yaitu menentukan keluaran masing-masing mesin yang bekerja dalam melayani beban, pada batas minimum dan maksimum keluarannya untuk meminimumkan rugi-rugi saluran dan biaya produksi.

Biaya bahan bakar dan daya mesin-mesin pembangkit tenaga listrik dengan mengabaikan susut daya pada saluran transmisi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F_r = F_1 + F_2 + \dots + F_N = \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.3)$$

$$P_r = P_1 + P_2 + \dots + P_N = \sum_{i=1}^N P_i \quad (2.4)$$

$F_r \equiv$  biaya bahan bakar total (Rp/jam)

$F_i =$  biaya bahan bakar pada pembangkit ke  $-i$

$P_r =$  daya output total pembangkit (MW)

$P_i =$  daya output pada pembangkit ke  $-i$  (MW)

$i = 1, 2, 3, \dots, N$  (jumlah mesin pembangkit listrik)

Biaya bahan bakar total  $F_r$  adalah suatu fungsi atas  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ . Dengan diberikan  $P_r$  konstant maka didapat:

$$\sum_{i=1}^N P_i - P_r = 0 \text{ atau } \sum_{i=1}^N P_i = P_r \quad (2.5)$$

Persamaan ini adalah suatu kendala (*constraint*) pada nilai minimum  $F_r$ .

Biaya bahan bakar total dari sistem adalah suatu fungsi dari masukan-masukan daya. Fungsi biaya akan diminimalkan dengan memperhatikan fungsi kendala operasi (*constraining*), yaitu persamaan neraca daya :

$$\sum_{i=1}^N P_i - P_L - P_D = 0 \quad (2.6)$$

$P_L \equiv$  rugi daya pada saluran transmisi (MW)

$P_D \equiv$  daya beban (MW)

(William, dkk, 1984)

## 2.6. Pengujian Distribusi Data

Dalam penjadwalan ini, harus terlebih dahulu menduga kebutuhan daya yang digunakan oleh konsumen. Dalam pendugaan daya terlebih dulu diadakan pengujian distribusi data apakah data yang digunakan berdistribusi normal. Uji normalitas pada dasarnya melakukan perbandingan antara data yang dimiliki dengan data berdistribusi normal yang memiliki nilai rata-rata dan standard

deviasi yang sama dengan data yang ada. Untuk data yang tidak mempunyai distribusi normal analisisnya menggunakan *non parametric test*. Untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal maka dapat menggunakan *non parametric test* untuk satu sampel diantaranya:

- Uji *Chi-Square (C-S)*. Uji ini memerlukan data yang terkelompokkan dan bersifat kategorik, tidak bisa untuk sampel yang kecil. Karena datanya bersifat kategorik maka ada data yang terbuang maknanya.
- Uji *Kolmogorov-Smirnov (K-S)*. Uji *Kolmogorov-Smirnov* digunakan untuk menguji ‘goodness of fit’ antar distribusi sampel dan distribusi lainnya, uji ini membandingkan serangkaian data pada sampel terhadap distribusi normal, serangkaian mean dan standard deviasi yang sama. Uji *K-S* biasa digunakan untuk memutuskan jika sampel berasal dari populasi dengan distribusi tertentu/spesifik. Uji *K-S* tidak memerlukan data yang terkelompokkan dan bisa untuk sampel yang kecil.

Jadi dengan penggunaan uji-uji normalitas diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa uji *Kolmogorov-Smirnov (K-S)* adalah uji yang lebih *fleksibel* dibanding dengan uji *Chi-Square*. Karena dalam penelitian ini menggunakan data  $n = 150$ , maka untuk menguji normalitas dari data tersebut menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan dapat digambarkan pada kertas peluang normal dengan melihat standar deviasi yang dimiliki oleh data.

a. *Uji Kolmogorov-Smirnov*

Algoritma Uji K-S

1. Data terlebih dahulu disusun dari data terkecil .

2. Dari nilai pengamatan tersebut kemudian susunlah distribusi frekwensi komulatif dan notasikan dengan  $F_T$ .

3. Hitung nilai Z untuk masing-masing data dengan rumus:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.7)$$

$\mu = \text{mean}$

$\sigma = \text{standar deviasi}$

4. Hitung distribusi frekwensi teoritis (berdasarkan kurva normal) dan nyatakan dengan notasi  $F_S$ .

5. Hitung selisih antara  $F_T$  dengan  $F_S$ .

$$F_T - F_S \quad (2.8)$$

6. Ambil angka selisih maksimum dan notasikan dengan

$$L = \max |F_T - F_S| \quad (2.9)$$

7. Bandingkan nilai L yang diperoleh dengan nilai  $L_\alpha$  dari tabel.

Hipotesis statistik:

$H_0$  : data terdistribusi secara normal

$H_1$  : data tidak terdistribusi secara normal

Kriteria pengambilan keputusan adalah :

$H_0$  diterima apabila  $L \leq L_\alpha$

$H_0$  ditolak apabila  $L > L_\alpha$

Jika ditolak berarti data sampel tersebut tidak mengikuti pola distribusi hipotesis yang diberikan sebelum uji dilakukan.

Dengan batasan interval rata-rata adalah:

**Batas atas interval**

$$\bar{X} + Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n} \quad (2.10)$$

**Batas bawah interval**

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n} \quad (2.11)$$

#### b. Rata-rata Hitung (*Mean*)

Nilai rata-rata hitung adalah cenderung memusat ke suatu ukuran atau nilai tertentu.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.12)$$

#### c. Standar Deviasi (*SD*)

Adalah menyatakan sejauh mana menyebarinya sekumpulan data terhadap nilai rata-ratanya.

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - [\sum_{i=1}^n X_i]^2}{n}} \quad (2.13)$$

### 2.7. Program Linier

Pemrograman linier merupakan pendekatan pemecahan yang dikembangkan

untuk situasi yang melibatkan fungsi linier maksimalisasi atau minimalisasi yang dipengaruhi oleh kendala linier yang membatasi tingkat pencapaian tujuan

(Anderson, Sweeney, William, 1996).

Menurut Supranto (1983) pemrograman linier ialah suatu persoalan untuk

menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sedemikian rupa sehingga nilai fungsi tujuan (*objektif function*) yang linier menjadi optimum (maksimum atau

minimum) dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada yaitu pembatasan

mengenai inputnya. Pembatasan-pembatasan ini pun harus dinyatakan dalam ketidak-samaan linier. Secara umum model dari pemrograman linier adalah sebagai berikut:

Misalkan  $x_1, x_2, \dots, x_n$  merupakan nilai yang dicari sehingga dapat menghasilkan berbagai kombinasi optimum (maksimum atau minimum) dari:

Fungsi tujuan

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

dengan syarat bahwa fungsi tujuan tersebut memenuhi kendala-kendala sebagai berikut:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m$$

$$\text{dan } x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0.$$

Bentuk di atas dapat dituliskan:

Optimumkan (maksimumkan atau minimumkan)

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n$$

dengan kendala

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) b_i \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{dan } x_j \geq 0$$

### 2.8. Integer Programming

*Integer Programming* adalah program linier dengan persyaratan tambahan,

yaitu beberapa atau semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat atau satu atau lebih dari variabel-variabel pada vektor penyelesaiannya memiliki nilai-nilai bukan pecahan (*Nasendi dan Anwar, 1985*).

Penggunaan variabel bilangan bulat memberikan tambahan fleksibilitas dalam pembuatan model. Akibatnya jumlah aplikasi praktis yang dapat dilakukan

dengan metodologi pemrograman linier diperluas. Kelemahan dari tambahan fleksibilitas itu adalah bahwa permasalahan yang menggunakan bilangan bulat

biasanya jauh lebih sulit diselesaikan. Pada kenyataannya, walaupun

permasalahan pemrograman linier yang menggunakan ribuan variabel kontinu

dapat diselesaikan secara rutin dengan kode pemrograman komersial, solusi

permasalahan pemrograman linier bilangan bulat yang menggunakan kurang dari

100 variabel dapat menimbulkan permasalahan besar. Namun, permasalahan ini

dapat diselesaikan dengan program komputer yang tersedia (*Anderson, Sweeney, Williams, 1996*). Untuk menyelesaikan permasalahan program integer

dapat dipergunakan *software* yang dirancang untuk memecahkan permasalahan

program linier dan model optimasi *integer*.

#### 2.8.1. Model Umum Integer Programming

Model umum suatu program integer adalah sebagai berikut:

Maksimumkan atau minimumkan

$$z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

dengan batasan

### 2.8.2. Masalah Integer Zero - One

Semua variabel keputusannya diharuskan sama dengan *Zero-One*. Untuk

$X_j = 0$  berarti mesin tidak beroperasi dan  $X_j = 1$  berarti mesin beroperasi.

dengan batasan

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &= b_i \end{aligned} \quad (2.15)$$

$j = 1, 2, \dots, n$   $x_i = 0, 1$  (binary)

### 2.8.3. Algoritma Aditif

Model *Integer Programming* ada bermacam-macam yaitu:

- *Pure Integer Programming*, dimana persoalan *integer programming* yang variabel keputusannya mengharuskan bilangan bulat seluruhnya.
- *Mixed Integer Programming*, di mana hanya beberapa variabel keputusan yang diharuskan berupa bilangan bulat.
- *Zero-One Integer Programming*, di mana persoalan *integer programming* yang semua variabel keputusannya diharuskan sama dengan 0 dan 1.

16a Repository Universitas Brawijaya

Algoritma ini adalah merupakan metode pemecahan dari masalah nol-satu yang harus dimulai dual layak yaitu solusi tidak layak dan optimal menjadi solusi yang layak. Semua batasan harus berjenis kurang dari sama dengan ( $\leq$ ), sehingga menyengkirkan persamaan explisit. Dalam hal ini dianggap bahwa masalahnya adalah berjenis minimum dan definisi meminimumkan adalah :

$$\text{Minimum } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$
$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + S_i = b_i \quad (2.16)$$

$C_j$  = bahan bakar untuk mesin ke- $j$   
 $i = 1, 2, \dots, m$        $j = 1, 2, 3, \dots, n$   
 $X_j = 0$  atau  $1$ ,       $S_i \geq 0$

$b_i$  = daya yang dihasilkan oleh mesin pada interval ke- $i$   
 $S_i$  = variabel slack ke- $i$   
 $a_{ij}$  = koefisien kendala

Langkah-langkah algoritma aditif:

1. Mendaftarkan semua kombinasi pemecahan yang mungkin dari masalah tersebut karena gagsan umum dari algoritma aditif adalah mendaftar  $2^n$  pemecahan yang mungkin dari masalah yang bersangkutan. Namun algoritma ini mengenali bahwa beberapa pemecahan dapat disingkirkan secara otomatis tanpa diteliti secara implisit.

2. Dibuat fungsi tujuan dalam bentuk minimasi

3. Koefisien variabel fungsi tujuan harus nonnegatif

4. Semua variabel awalnya pada tingkat nol yang diteliti dalam bentuk  $X_j = 0$ .
5. Jika nilai variabel slack negatif, maka pemecahan tersebut tidak layak sehingga perlu menaikkan sekurang kurangnya satu variabel  $X_j$  ke tingkat satu sampai variabel slack nonnegatif.
6. Apabila nilai-nilai variabel slack nonnegatif, maka pemecahannya layak dan ini merupakan patokan nilai sementara yang paling besar dapat diterima. Untuk menaikkan variabel-variabel ke tingkat satu maka dalam hal ini pilihan dibuat berdasarkan ukuran empiris.

Definisi untuk setiap variabel bebasnya  $X_j$  dalam bentuk:

$$V_j = \sum_{\text{semua } i} \min\{0, S_i - a_{ij}\} \quad (2.17)$$

$$S_i = \text{slack ke } -i$$

$$a_{ij} = \text{elemen pada baris ke } -i \text{ kolom ke } -j$$

Ini dapat dipandang sebagai ukuran ketidaklayakan total yang dihasilkan dari menaikkan satu variabel bebas  $X_j$  ketingkat satu. Selanjutnya percabangan yang dipilih adalah variabel dengan nilai variabel yang terendah. Suatu variabel disebut bebas jika variabel tersebut tidak terikat pada salah satu cabang yang mengarah pada node.

Sebuah variabel bebas pada awalnya berada ditingkat nol, tetapi dapat dinaikkan ketingkat satu jika hal ini dapat memperbaiki ketidaklayakan masalah. Sebuah pemecahan parsial memberikan nilai biner tertentu untuk beberapa variabel dalam arti bahwa pemecahan itu menetapkan nilai satu variabel atau lebih di nol dan satu. Suatu pemecahan parsial dikatakan terukur apabila:

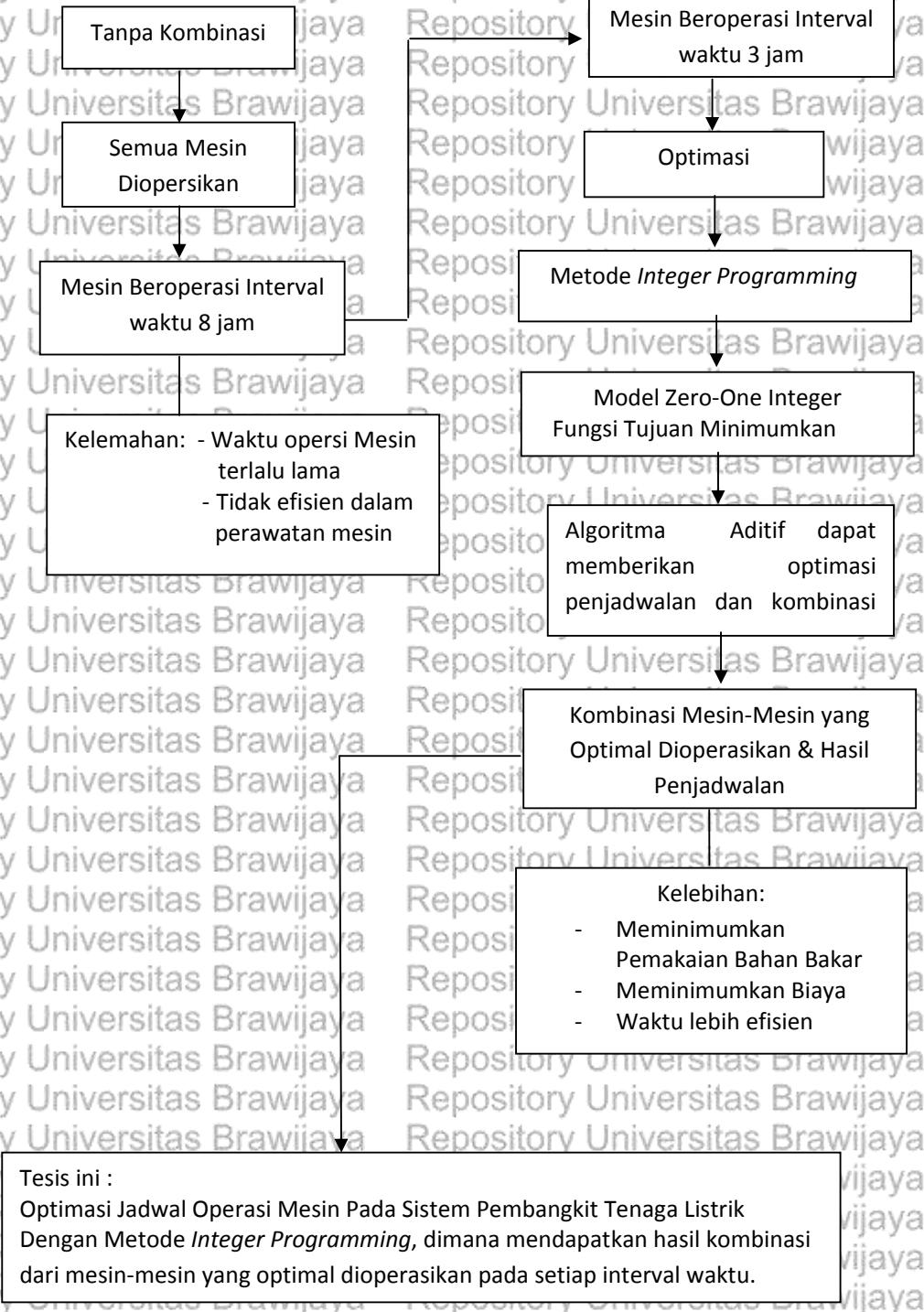


- Pemecahan tersebut tidak dapat mengarah kepada nilai yang lebih baik untuk fungsi tujuan.
- Pemecahan tersebut tidak dapat mengarah kepada sebuah pemecahan yang layak. Sebuah pemecahan parsial yang terukur berarti bahwa pemecahan tersebut tidak menjanjikan untuk melanjutkan percabangan node yang bersangkutan, karena semua pemecahan yang dihasilkan dari node tersebut adalah lebih buruk atau tidak layak.
- Apabila  $J_t$  mewakili pemecahan parsial pada node (iterasi) ke- $t$  dan anggaplah notasi  $+J(-J)$  mewakili  $X_j = 1$  ( $X_j = 0$ ). Jadi elemen-elemen  $J_t$  terdiri dari subcrip variabel-variabel tetap dengan tanda plus (minus) yang menandakan apakah variabel tersebut satu atau nol.  
Himpunan  $J_t$  harus diurutkan dalam arti bahwa setiap elemen baru selalu ditambahkan kekanan pemecahan parsial tersebut.  
Langkah-langkah pengujian dalam menentukan pemecahan parsial:
  - Pengujian 1: Untuk setiap variabel bebas  $X_j$  jika  $a_{ij} \geq 0$  untuk semua  $i$  yang bersesuaian dengan  $S_i^t < 0$ , maka  $X_j$  tidak dapat memperbaiki ketidaklayakan masalah tersebut dan harus disingkirkan sebagai tidak menjanjikan.

Pengujian 2 : Untuk setiap variabel bebas  $X_j$  jika  $C_j + Z^t \geq \bar{Z}$ , maka  $X_j$  tidak dapat mengarah pada pemecahan yang lebih baik dan karena itu harus disingkirkan.

Pengujian 3 : Pertimbangkan batasan ke- $i$   
$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n + S_i = b_i$$
dengan  $S_i^t < 0$ .





Gambar 3.1 Diagram alir konsep penelitian

## METODELOGI PENELITIAN

#### **4.1. Desain Penelitian**

Konsep dalam penelitian ini menggunakan konsep sistem *Integer Zero-*

One dengan algoritma aditif sebagai pemecahan masalahnya. Dalam penelitian ini menggunakan:

- Parameter : Jumlah daya yang dibutuhkan oleh konsumen, kapasitas daya dan bahan bakar masing-masing mesin.
  - Variabel : Mesin-mesin yang beroperasi di Pembangkit Listrik Tenaga

#### **4.2. Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan diambil langsung pada sistem pembangkit listrik tenaga disel (PLTD) Bitung di Sulawesi Utara. Data yang diambil tentang daya yang dibangkitkan oleh sistem selama 150 hari dengan interval waktu dari masing-masing mesin yang dioperasikan.

#### 4.3. Pengolahan Data

Data beban daya yang diperoleh selama 150 hari dari masing-masing mesin dengan waktu pengoperasiannya diuji normalitasnya dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* sehingga didapatkan dugaan rata-rata besar daya yang harus dibangkitkan pada waktu mesin-mesin beroperasi, dan di gambarkan dalam uji kertas peluang normal secara histogram.

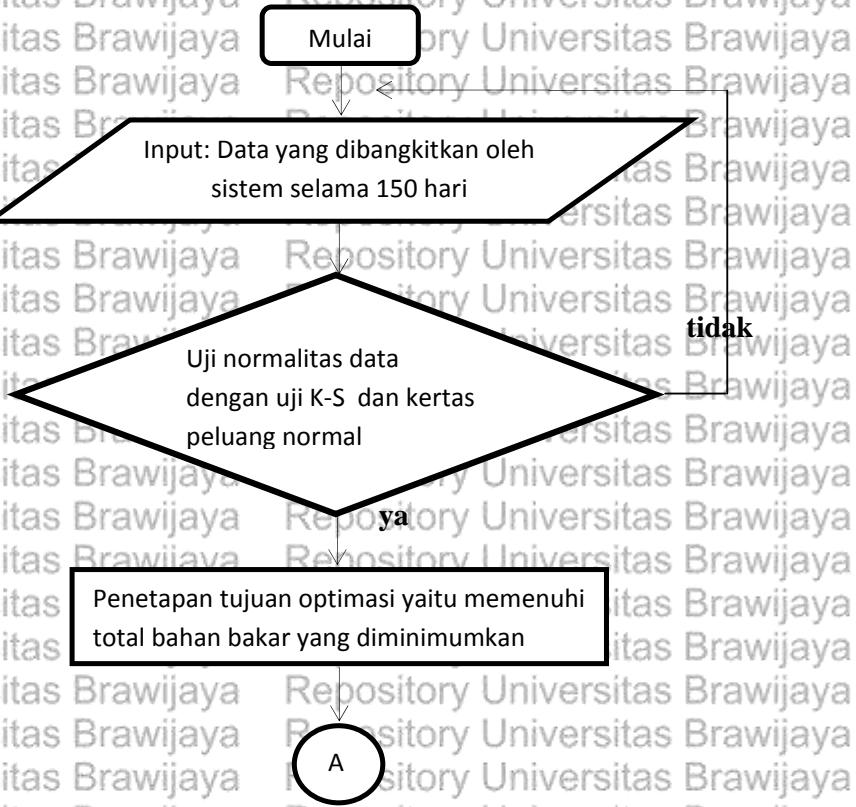
Dari masing-masing mesin sesuai jam pengoperasian diselesaikan secara matematika yaitu dengan model Nol-Satu *Integer Programming* dan Algoritma

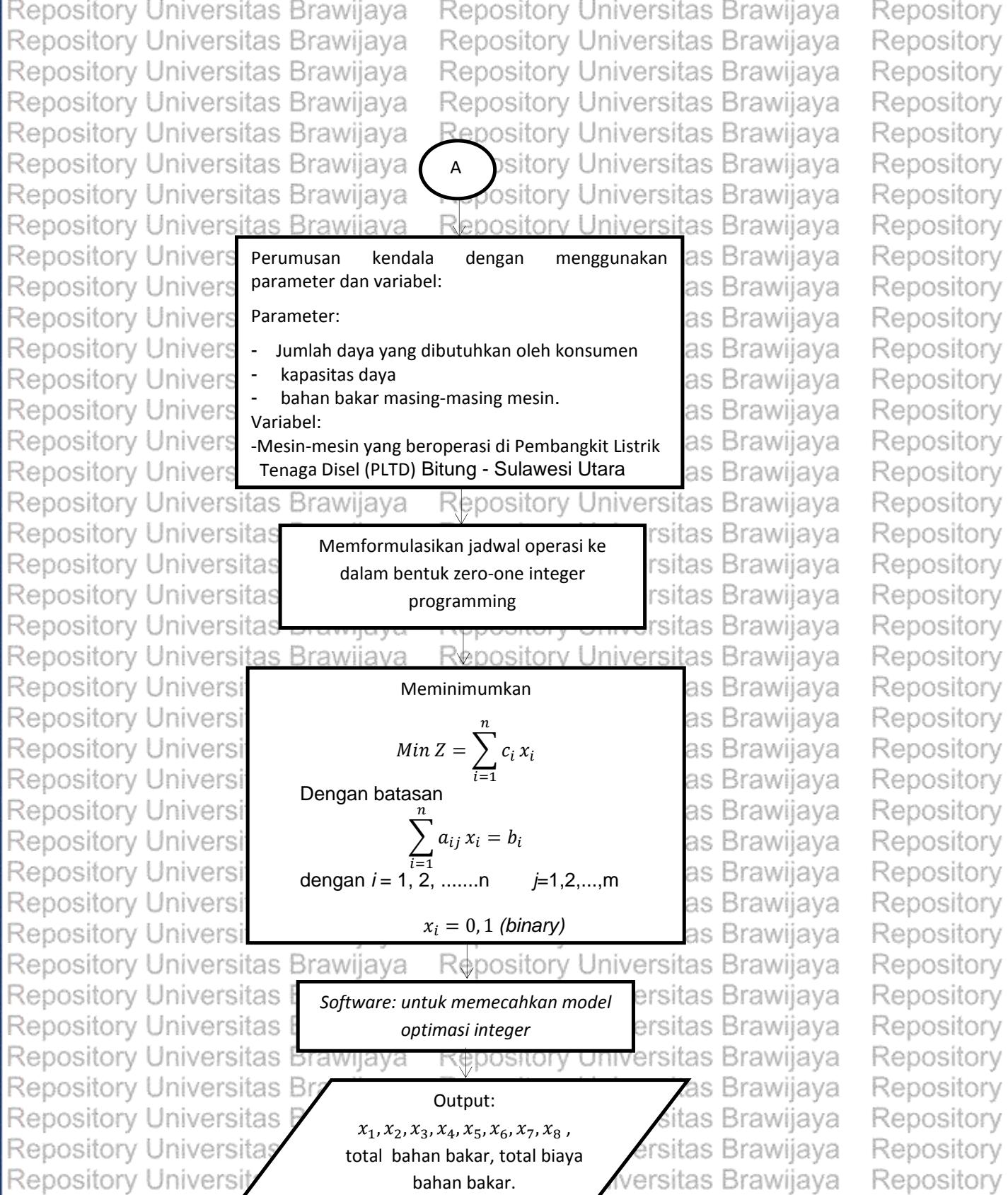
aditif untuk mengoptimalkan waktu pengoperasian dengan mengkombinasikan mesin-mesin agar biaya yang dikeluarkan seminimum mungkin. Dan penyelesaian solusi integer minimum dibantu dengan menggunakan perangkat komputer *software TORA*.

#### 4.4. Analisis Data

Dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk distribusi data normal, maka data berdistribusi normal apabila nilai statistik hitung ( $L_{hit}$ ) ≤ nilai tabel ( $L_\alpha$ ) pada taraf nyata  $\alpha = 0.05$ , dengan standar deviasi yang dimiliki  $\leq 3$ .

#### 4.5. Diagram Alir Pengolahan Data Penelitian





**Gambar 4.1 Diagram alir pengolahan data penelitian**

### **5.1. Pengujian Distribusi Data**

Data mengenai daya yang dibangkitkan oleh sistem selama 150 hari

(*Lampiran 1*) pada masing-masing interval distribusinya diuji kenormalannya

dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov didapat Nilai Most Extreme

Differences Absolut yang merupakan nilai statistik  $L$  dilihat pada *Lampiran 3a*

dan  $L_\alpha$  dengan  $\alpha = 0.05$  nilai yang dapat dari tabel sebesar 1.64 dana

ternyata untuk semua interval waktu nilai  $L \leq L_\alpha$ . Hal ini berarti bahwa kriteria

pengambilan keputusannya adalah  $H_0$  diterima, dalam hal ini distribusinya

menyebar normal

Dengan uji Z untuk sampel yang berukuran besar menggunakan rumus :

Untuk batas atas interval :  $\bar{X} + Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n}$

dan

Untuk batas bawah interval :  $\bar{X} - Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n}$

Sehingga dengan tingkat selang kepercayaan 95% didapat ramalan daya yang

harus dibangkitkan pada masing-masing interval waktu dilihat pada *Lampiran 3b*

sebagai berikut :

- Pada Jam 00.00 - 03.00 didapat

$$14.869 < \mu < 15.509$$

- Pada Jam 03.00 - 06.00 didapat

$$15.509 < \mu < 16.308$$

- Pada Jam 06.00 - 09.00 didapat

$$23.837 < \mu < 24.903$$

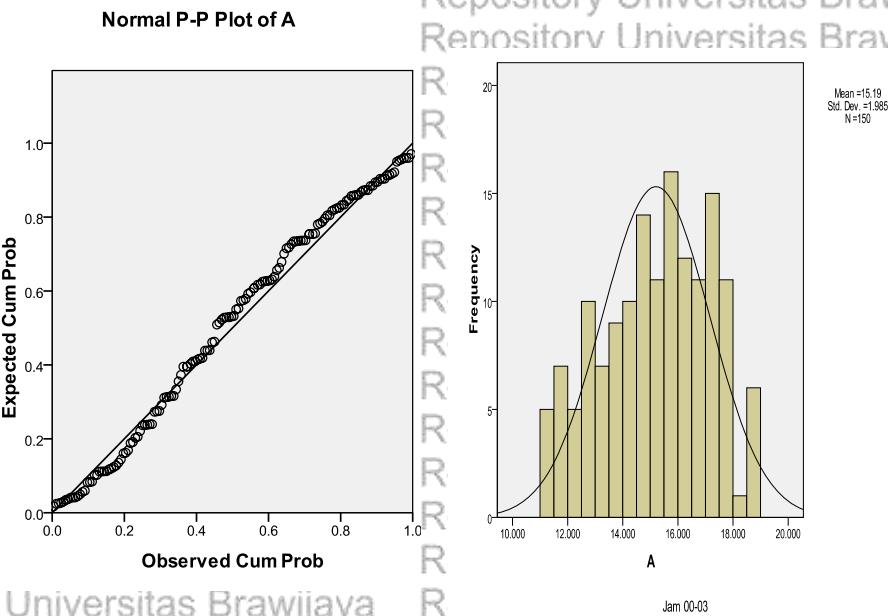
- Pada Jam 09.00 - 12.00 didapat

$$24.458 < \mu < 25.429$$

- Pada Jam 12.00 - 15.00 didapat

$$23.661 < \mu < 24.312$$

## **BAB V** **HASIL DAN PEMBAHASAN**



**Gambar 5.1.** Plot Peluang Normal pada Interval Waktu 00.00-03.00

Pada plot kertas peluang normal terdapat standar deviasi yang nilainya  $\leq 3$ , berarti penciran datanya tidak menjauh pada garis linier sebagai data hasil dugaan, dalam hal ini data berdistribusi normal.

## 5.2. Model Matematika dan Penyelesaiannya

Pada masing-masing tipe/merk mesin yang ada telah terdapat taraf effisiensi sebesar 0.27 kwh/l seperti dilihat pada *Lampiran 2* untuk kapasitas daya mesin 100%. Dengan harga dasar HSD / liter (rupiah) 8.150. Dianggap bahwa

apabila mesin tersebut beroperasi seperti pengoperasian dengan daya 100%. Sehingga jika mesin tersebut hidup/beropersi maka bahan bakar yang dihabiskan perjamnya adalah:

- Untuk kapasitas daya 4.040 KW diperlukan bahan bakar :  $4.040 \times 0.27 = 1.091$  liter/jam.
- Untuk kapasitas daya 5.000 KW diperlukan bahan bakar  $5.000 \times 0.27 = 1.350$  liter/jam.
- Untuk kapasitas daya 5.400 KW diperlukan bahan bakar  $5.400 \times 0.27 = 1.458$  liter/jam.
- Untuk kapasitas daya 8.800 KW diperlukan bahan bakar :  $8.800 \times 0.27 = 2.376$  liter/jam.
- Untuk kapasitas daya 11.000 KW diperlukan bahan bakar :  $11.000 \times 0.27 = 2.970$  liter/jam.

Pada masing-masing interval terdiri dari 3 jam sehingga didapat total bahan bakar yang diperlukan pada masing-masing kapasitas daya tersebut adalah :

- Untuk kapasitas daya 4.040 KW total bahan bakar yang digunakan adalah 3.272 liter/Kw.
- Untuk kapasitas daya 5.000 KW total bahan bakar yang digunakan adalah 4.050 liter/Kw.
- Untuk kapasitas daya 5.400 KW total bahan bakar yang digunakan adalah 4.374 liter/Kw.
- Untuk kapasitas daya 8.800 KW total bahan bakar yang digunakan adalah 7.128 liter/Kw.

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository Untuk kapasitas daya 11.000 KW total bahan bakar yang digunakan adalah  
8.910 liter/Kw.

### **5.2.1. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval**

**Waktu 00.00-03.00**

*Fungsi tujuan :*

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6 \\ & + 7.128X_7 + 8.910X_8 \end{aligned}$$

*Kendala :*

$$\begin{aligned} 4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7 \\ + 11.000X_8 \leq 14.869 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7 \\ + 11.000X_8 \leq 15.509 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 1:

**Tabel 1. Model Matematika Pada Interval Waktu 00.00-03.00**

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	15.509
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-14.869

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6 \\ & + 7.128X_7 + 8.910X_8 \end{aligned}$$

*kendala :*



Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$Z^0 = 0$  dengan  $(S_1^0, S_2^0) = (15.509, -14.869)$ . Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif, sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 15.509 - 4.040\} + \min \{0, -14.869 + 4.040\} = -10.829$$

$$V_2 = \min \{0, 15.509 - 4.040\} + \min \{0, -14.869 + 4.040\} = -10.829$$

$$V_3 = \min \{0, 15.509 - 4.040\} + \min \{0, -14.869 + 4.040\} = -10.829$$

$$V_4 = \min \{0, 15.509 - 5.000\} + \min \{0, -14.869 + 5.000\} = -9.869$$

$$V_5 = \min \{0, 15.509 - 5.400\} + \min \{0, -14.869 + 5.400\} = -9.469$$

$$V_6 = \min \{0, 15.509 - 5.400\} + \min \{0, -14.869 + 5.400\} = -9.469$$

$$V_7 = \min \{0, 15.509 - 8.800\} + \min \{0, -14.869 + 8.800\} = -6.069$$

$$V_8 = \min \{0, 15.509 - 11.000\} + \min \{0, -14.869 + 11.000\} = -3.869$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus dinaikkan adalah  $X_8$  di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (4.509, -3.869)$ . Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga penyelesaian ini belum layak maka

variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 4.509 - 4.040\} + \min \{0, -3.869 + 4.040\} = 0$$

$$V_2 = \min \{0, 4.509 - 4.040\} + \min \{0, -3.869 + 4.040\} = 0$$

$$V_3 = \min \{0, 4.509 - 4.040\} + \min \{0, -3.869 + 4.040\} = 0$$

$$V_4 = \min \{0, 4.509 - 5.000\} + \min \{0, -3.869 + 5.000\} = -491$$

$$V_5 = \min \{0, 4.509 - 5.400\} + \min \{0, -3.869 + 5.400\} = -891$$

$$V_6 = \min \min \{0, 4.509 - 5.400\} + \min \{0, -3.869 + 5.400\} = -891$$

$$V_7 = \min \min \{0, 4.509 - 8.800\} + \min \{0, -3.869 + 8.800\} = -4.291$$

$$V_8 = \min \min \{0, 4.509 - 11.000\} + \min \{0, -3.869 + 11.000\} = -6.491$$

Didapat nilai  $Z^2 = 12180$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (469, 171)$ , Karena nilai slacknya sudah nonnegatif maka dalam hal ini penyelesaian sudah layak dan ini merupakan nilai yang terbesar yang dapat diterima, dan di dapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan satu mesin yang berkapasitas 11.000 Kw dan satu mesin yang berkapasitas 4.040 Kw dengan penggunaan bahan bakar sebanyak 12.182 liter.

Dengan menggunakan software TORA :

OPERASI MESIN PADA JAM 00-03		MIN		
				*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***
Current solution found at node 12 -- Nbr of nodes so far examined: 12				
Obj value =	12182.00000			
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val	Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000	
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000	
x3 C	1.0000	3272.0000	3272.0000	
x4 D	0.0000	4050.0000	0.0000	
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000	
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000	
x7 G	0.0000	7128.0000	0.0000	
x8 H	1.0000	8910.0000	8910.0000	

30

### **5.2.2. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval Waktu 03.00-06.00**

*Fungsi tujuan :*

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 15.509$$

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 16.308$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 2:

**Tabel 2.** Model Matematika Pada Interval Waktu 03.00-06.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	16.308
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-15.509

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 = 8.800X_7$$

$$-11.000X_8 \leq -15.509$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$Z^0 = 0$  dengan  $(S_1^0, S_2^0) = (16.308, -15.509)$ . Hal ini menunjukkan bahwa

penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif,

sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan

menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas

ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan

sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 16.308 - 4.040\} + \min \{0, -15.509 + 4.040\} = -11.469$$

$$V_2 = \min \{0, 16.308 - 4.040\} + \min \{0, -15.509 + 4.040\} = -11.469$$

$$V_3 = \min \{0, 16.308 - 4.040\} + \min \{0, -15.509 + 4.040\} = -11.469$$

$$V_4 = \min \{0, 16.308 - 5.000\} + \min \{0, -15.509 + 5.000\} = -10.509$$

$$V_5 = \min \{0, 16.308 - 5.400\} + \min \{0, -15.509 + 5.400\} = -10.109$$

$$V_6 = \min \{0, 16.308 - 5.400\} + \min \{0, -15.509 + 5.400\} = -10.109$$

$$V_7 = \min \{0, 16.308 - 8.800\} + \min \{0, -15.509 + 8.800\} = -6.709$$

$$V_8 = \min \{0, 16.308 - 11.000\} + \min \{0, -15.509 + 11.000\} = -4.509$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai

nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $X_8$

di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (5.308, -4.509)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga

penyelesaian ini belum layak maka variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
 Repository Universitas Brawijaya  
 Repository Universitas Brawijaya  
 Repository Universitas Brawijaya  
 Repository Universitas Brawijaya  
 Repository Universitas Brawijaya  
 Repository seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ , sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 5.308 - 4.040\} + \min \{0, -4.509 + 4.040\} = -469$$

$$V_2 = \min \{0, 5.308 - 4.040\} + \min \{0, -4.509 + 4.040\} = -469$$

$$V_3 = \min \{0, 5.308 - 4.040\} + \min \{0, -4.509 + 4.040\} = -469$$

$$V_4 = \min \{0, 5.308 - 5.000\} + \min \{0, -4.509 + 5.000\} = 0$$

$$V_5 = \min \{0, 5.308 - 5.400\} + \min \{0, -4.509 + 5.400\} = -92$$

$$V_6 = \min \{0, 5.308 - 5.400\} + \min \{0, -4.509 + 5.400\} = -92$$

$$V_7 = \min \{0, 5.308 - 8.800\} + \min \{0, -4.509 + 8.800\} = -3.492$$

$$V_8 = \min \{0, 5.308 - 11.000\} + \min \{0, -4.509 + 11.000\} = -5.692$$

Didapat nilai  $Z^2 = 12.960$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (308, 491)$ . Dalam hal ini penyelesaian sudah layak dan ini merupakan nilai yang terbesar yang dapat diterima, dan di dapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan satu mesin yang berkapasitas 11.000 Kw dan satu mesin yang berkapasitas 5.000 Kw dengan penggunaan bahan bakar sebanyak 12.960 liter.

### **5.2.3. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval**

**Waktu 06.00-09.00**

*Fungsi tujuan :*

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6 \\ & + 7.128X_7 + 8.910X_8 \end{aligned}$$

*kendala :*

$$\begin{aligned} & 4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7 \\ & + 11.000X_8 \geq 23.837 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Repository Universitas Brawijaya} \\
 & \text{Repository } 4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7 \\
 & \text{Repository Universitas Brawijaya} \\
 & \quad + 11.000X_8 \leq 24.903 \\
 & \text{Repository Universitas Brawijaya} \\
 & \text{Repository Universitas Brawijaya} \\
 & \text{Repository } X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0
 \end{aligned}$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 3:

**Tabel 3.** Model Matematika Pada Interval Waktu 06.00-09.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	24.903
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-23.837

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

kendala:

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7$$

$$-11.000X_8 \leq -23.837$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 24.903$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$$Z^0 = 0 \text{ dengan } (S_1^0, S_2^0) = (24.903, -23.837)$$

Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif, sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan

menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas

ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :



Sesuai dengan pengujian pertama, sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 24.903 - 4.040\} + \min \{0, -23.837 + 4.040\} = -19.797$$

$$V_2 = \min \{0, 24.903 - 4.040\} + \min \{0, -23.837 + 4.040\} = -19.797$$

$$V_3 = \min \{0, 24.903 - 4.040\} + \min \{0, -23.837 + 4.040\} = -19.797$$

$$V_4 = \min \{0, 24.903 - 5.000\} + \min \{0, -23.837 + 5.000\} = -18.837$$

$$V_5 = \min \{0, 24.903 - 5.400\} + \min \{0, -23.837 + 5.400\} = -18.437$$

$$V_6 = \min \{0, 24.903 - 5.400\} + \min \{0, -23.837 + 5.400\} = -18.437$$

$$V_7 = \min \{0, 24.903 - 8.800\} + \min \{0, -23.837 + 8.800\} = -15.037$$

$$V_8 = \min \{0, 24.903 - 11.000\} + \min \{0, -23.837 + 11.000\} = -12.837$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $X_8$  di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (13.903, -12.837)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga penyelesaian ini belum layak maka variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 13.903 - 4.040\} + \min \{0, -12.837 + 4.040\} = -8.797$$

$$V_2 = \min \{0, 13.903 - 4.040\} + \min \{0, -12.837 + 4.040\} = -8.797$$

$$V_3 = \min \{0, 13.903 - 4.040\} + \min \{0, -12.837 + 4.040\} = -8.797$$

$$V_4 = \min \{0, 13.903 - 5.000\} + \min \{0, -12.837 + 5.000\} = -7.837$$

$$V_5 = \min \{0, 13.903 - 5.400\} + \min \{0, -12.837 + 5.400\} = -7.437$$

$$V_6 = \min \{0, 13.903 - 5.400\} + \min \{0, -12.837 + 5.400\} = -7.437$$

$$V_7 = \min \{0, 13.903 - 8.800\} + \min \{0, -12.837 + 8.800\} = -4.037$$

Repository Universitas Brawijaya  
 $V_8 = \min \{0, 13.903 - 11.000\} + \min \{0, -12.837 + 11.000\} = -1.837$   
 Nilai  $V$  yang terbesar yaitu  $V_8$  akan tetapi  $V_8$  sudah dinaikkan maka kita pilih nilai  $V$  yang belum dinaikkan yaitu  $V_7$  sehingga didapat  $Z^2 = 16.038$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (5.103, -4.037)$  inipun belum layak sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya dari nilai  $V$  dan dapat dipilih untuk menaikkan  $X_7$ , maka dilakukan pengujian:

$$V_1 = \min \{0, 5.103 - 4.040\} + \min \{0, -4.037 + 4.040\} = 0$$

$$V_2 = \min \{0, 5.103 - 4.040\} + \min \{0, -4.037 + 4.040\} = 0$$

$$V_3 = \min \{0, 5.103 - 4.040\} + \min \{0, -4.037 + 4.040\} = 0$$

$$V_4 = \min \{0, 5.103 - 5.000\} + \min \{0, -4.037 + 5.000\} = 0$$

$$V_5 = \min \{0, 5.103 - 5.400\} + \min \{0, -4.037 + 5.400\} = -297$$

$$V_6 = \min \{0, 5.103 - 5.400\} + \min \{0, -4.037 + 5.400\} = -297$$

$$V_7 = \min \{0, 5.103 - 8.800\} + \min \{0, -4.037 + 8.800\} = -3.697$$

$$V_8 = \min \{0, 5.103 - 11.000\} + \min \{0, -4.037 + 11.000\} = -5.897$$

Sehingga pada  $X_4$  didapat nilai  $Z^3 = 20.088$  dengan  $(S_1^3, S_2^3) = (103, 963)$ . Dalam hal ini penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai terbesar yang diterima. Sehingga didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan kapasitas daya 5.000 Kw, 1 mesin kapasitas daya 8.800 Kw dan 1 mesin kapasitas daya 11.000 Kw dengan nilai  $\bar{Z} = 20.088$  liter.

#### 5.2.4. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval Waktu 09.00-12.00

Fungsi tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6 \\ & + 7.128X_7 + 8.910X_8 \end{aligned}$$

*kendala :*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 24.458$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 25.429$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 4:

**Tabel 4.** Model matematika Pada Interval Waktu 09.00-12.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	25.429
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-24.458

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7$$

$$- 11.000X_8 \leq - 24.458$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 25.429$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$$Z^0 = 0 \text{ dengan } (S_1^0, S_2^0) = (25.429, -24.458)$$

Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif,

sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 25.429 - 4.040\} + \min \{0, -24.458 + 4.040\} = -20.418$$

$$V_2 = \min \{0, 25.429 - 4.040\} + \min \{0, -24.458 + 4.040\} = -20.418$$

$$V_3 = \min \{0, 25.429 - 4.040\} + \min \{0, -24.458 + 4.040\} = -20.418$$

$$V_4 = \min \{0, 25.429 - 5.000\} + \min \{0, -24.458 + 5.000\} = -19.458$$

$$V_5 = \min \{0, 25.429 - 5.400\} + \min \{0, -24.458 + 5.400\} = -19.058$$

$$V_6 = \min \{0, 25.429 - 5.400\} + \min \{0, -24.458 + 5.400\} = -19.058$$

$$V_7 = \min \{0, 25.429 - 8.800\} + \min \{0, -24.458 + 8.800\} = -15.658$$

$$V_8 = \min \{0, 25.429 - 11.000\} + \min \{0, -24.458 + 11.000\} = -13.458$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $X_8$  di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (14.429, -13.458)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga penyelesaian ini belum layak maka variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ , sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 14.429 - 4.040\} + \min \{0, -13.458 + 4.040\} = -9.418$$

$$V_2 = \min \{0, 14.429 - 4.040\} + \min \{0, -13.458 + 4.040\} = -9.418$$

$$V_3 = \min \{0, 14.429 - 4.040\} + \min \{0, -13.458 + 4.040\} = -9.418$$

$$V_4 = \min \{0, 14.429 - 5.000\} + \min \{0, -13.458 + 5.000\} = -8.458$$

$V_5 = \min \{0, 14.429 - 5.400\} + \min \{0, -13.458 + 5.400\} = -8.058$   
 $V_6 = \min \{0, 14.429 - 5.400\} + \min \{0, -13.458 + 5.400\} = -8.058$   
 $V_7 = \min \{0, 14.429 - 8.800\} + \min \{0, -13.458 + 8.800\} = -4.658$   
 $V_8 = \min \{0, 14.429 - 11.000\} + \min \{0, -13.458 + 11.000\} = -2.458$

Karena nilai slacknya Nilai  $V$  yang terbesar yaitu  $V_8$  akan tetapi  $V_8$  sudah dinaikkan maka kita pilih nilai  $V$  terbesar yang belum dinaikkan yaitu  $V_7$  sehingga didapat  $Z^2 = 16.038$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (5.629, -4.658)$  inipun belum layak sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya dari nilai  $V$  dan dapat dipilih untuk menaikkan  $X_7$ , maka dilakukan pengujian:

 $V_1 = \min \{0, 5.629 - 4.040\} + \min \{0, -4.658 + 4.040\} = -618$ 
 $V_2 = \min \{0, 5.629 - 4.040\} + \min \{0, -4.658 + 4.040\} = -618$ 
 $V_3 = \min \{0, 5.629 - 4.040\} + \min \{0, -4.658 + 4.040\} = -618$ 
 $V_4 = \min \{0, 5.629 - 5.000\} + \min \{0, -4.658 + 5.000\} = 0$ 
 $V_5 = \min \{0, 5.629 - 5.400\} + \min \{0, -4.658 + 5.400\} = 0$ 
 $V_6 = \min \{0, 5.629 - 5.400\} + \min \{0, -4.658 + 5.400\} = 0$ 
 $V_7 = \min \{0, 5.629 - 8.800\} + \min \{0, -4.658 + 8.800\} = -3.171$ 
 $V_8 = \min \{0, 5.629 - 11.000\} + \min \{0, -4.658 + 11.000\} = -5.371$ 

Sehingga pada  $X_4$  didapat nilai  $Z^3 = 20.088$  dengan  $(S_1^3, S_2^3) = (629, 342)$ .

Dalam hal ini penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai terbesar yang diterima. Sehingga didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan kapasitas daya 5.000 Kw, 1 mesin kapasitas daya 8.800 Kw dan 1 mesin kapasitas daya 11.000 Kw dengan nilai  $\bar{Z} = 20.088$  liter.

### **5.2.5. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval Waktu 12.00-15.00**

*Fungsi tujuan:*

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala:*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 23.661$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 24.312$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 5.

**Tabel 5.** Model Matematika Pada Interval Waktu 12.00-15.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	24.312
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-23.661

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala:*

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7$$

$$- 11.000X_8 \leq - 23.661$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7 + 11.000X_8 \leq 24.312$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$Z^0 = 0$  dengan  $(S_1^0, S_2^0) = (24.312, -23.661)$ . Hal ini menunjukkan bahwa

penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif,

sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan

menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas

ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan

sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 24.312 - 4.040\} + \min \{0, -23.661 + 4.040\} = -19.621$$

$$V_2 = \min \{0, 24.312 - 4.040\} + \min \{0, -23.661 + 4.040\} = -19.621$$

$$V_3 = \min \{0, 24.312 - 4.040\} + \min \{0, -23.661 + 4.040\} = -19.621$$

$$V_4 = \min \{0, 24.312 - 5.000\} + \min \{0, -23.661 + 5.000\} = -18.661$$

$$V_5 = \min \{0, 24.312 - 5.400\} + \min \{0, -23.661 + 5.400\} = -18.261$$

$$V_6 = \min \{0, 24.312 - 5.400\} + \min \{0, -23.661 + 5.400\} = -18.261$$

$$V_7 = \min \{0, 24.312 - 8.800\} + \min \{0, -23.661 + 8.800\} = -14.861$$

$$V_8 = \min \{0, 24.312 - 11.000\} + \min \{0, -23.661 + 11.000\} = -12.661$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai

nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $V_8$

di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (13.312, -12.661)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga

penyelesaian ini belum layak maka variabel perlu dinaikkan ketingkat satu seperti

Repository Universitas Brawijaya  
Repository pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 13.312 - 4.040\} + \min \{0, -12.661 + 4.040\} = -8.621$$

$$V_2 = \min \{0, 13.312 - 4.040\} + \min \{0, -12.661 + 4.040\} = -8.621$$

$$V_3 = \min \{0, 13.312 - 4.040\} + \min \{0, -12.661 + 4.040\} = -8.621$$

$$V_4 = \min \{0, 13.312 - 5.400\} + \min \{0, -12.661 + 5.400\} = -7.26$$

$$V_5 = \min \{0, 13.312 - 5.400\} + \min \{0, -12.661 + 5.400\} = 7.261$$

$$V_6 = \min \{0, 13.312 - 8.800\} + \min \{0, -12.661 + 8.800\} = -3.861$$

$$V_7 = \min \{0, 13.312 - 11.000\} + \min \{0, -12.661 + 11.000\} = -1.661$$

Karena nilai slacknya  $V$  yang terbesar yaitu  $V_8$  akan tetapi  $V_8$  sudah

dinaikkan maka kita pilih nilai  $V$  terbesar yang belum dinaikkan yaitu  $V_7$  sehingga

didapat  $Z^2 = 16.038$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (4.512, -3.861)$  inipun belum layak

sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya dari nilai  $V$

dan dapat dipilih untuk menaikkan  $X_7$ , maka dilakukan pengujian:

$$V_1 = \min \{0, 4.512 - 4.040\} + \min \{0, -3.861 + 4.040\} = 0$$

$$V_2 = \min \{0, 4.512 - 4.040\} + \min \{0, -3.861 + 4.040\} = 0$$

$$V_3 = \min \{0, 4.512 - 4.040\} + \min \{0, -3.861 + 4.040\} = 0$$

$$V_4 = \min \{0, 4.512 - 5.000\} + \min \{0, -3.861 + 5.000\} = -488$$

$$V_5 = \min \{0, 4.512 - 5.400\} + \min \{0, -3.861 + 5.400\} = -888$$

$$V_6 = \min \{0, 4.512 - 5.400\} + \min \{0, -3.861 + 5.400\} = -888$$

$$V_7 = \min \{0, 4.512 - 8.800\} + \min \{0, -3.861 + 8.800\} = -4.288$$

$$V_8 = \min \{0, 4.512 + 11.000\} + \min \{0, -3.861 + 11.000\} = +6.488$$

Sehingga pada  $X_3$  didapat nilai  $Z^3 = 19.310$  dengan  $(S_1^3, S_2^3) = (472, 179)$ .

Dalam hal ini penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai terbesar yang

diterima. Sehingga didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan kapasitas daya 4.040 Kw, 1 mesin kapasitas daya

8.800 Kw dan 1 mesin kapasitas daya 11.000 Kw dengan nilai  $Z = 19.310$  liter.

### **5.2.6. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval**

**Waktu 15.00-18.00:**

*Fungsi tujuan:*

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 25.091$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 25.754$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 6:

**Tabel 6. Model Matematika Pada Interval Waktu 15.00-18.00**

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	$Z$
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	25.754
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-25.091

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:



$$\begin{aligned} \text{Repository } & \text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6 \\ \text{Repository } & + 7.128X_7 + 8.910X_8 \\ \text{Repository } & \text{kendala :} \\ \text{Repository } & -4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7 \\ \text{Repository } & - 11.000X_8 \leq - 25.091 \end{aligned}$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :  
 $Z^0 = 0$  dengan  $(S_1^0, S_2^0) = (25.754, -25.091)$ . Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif, sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan sehingga didapat :

$$\begin{aligned} V_1 &= \min \{0, 25.754 - 4.040\} + \min \{0, -25.091 + 4.040\} = -21.051 \\ V_2 &= \min \{0, 25.754 - 4.040\} + \min \{0, -25.091 + 4.040\} = -21.051 \\ V_3 &= \min \{0, 25.754 - 4.040\} + \min \{0, -25.091 + 4.040\} = -21.051 \\ V_4 &= \min \{0, 25.754 - 5.000\} + \min \{0, -25.091 + 5.000\} = -20.091 \\ V_5 &= \min \{0, 25.754 - 5.400\} + \min \{0, -25.091 + 5.400\} = -19.691 \\ V_6 &= \min \{0, 25.754 - 5.400\} + \min \{0, -25.091 + 5.400\} = -19.691 \\ V_7 &= \min \{0, 25.754 - 8.800\} + \min \{0, -25.091 + 8.800\} = -16.291 \\ V_8 &= \min \{0, 25.754 - 11.000\} + \min \{0, -25.091 + 11.000\} = -14.091 \end{aligned}$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $X_8$

di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (14.754, -14.091)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga

penyelesaian ini belum layak maka variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu

seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 14.754 - 4.040\} + \min \{0, -14.091 + 4.040\} = -10.051$$

$$V_2 = \min \{0, 14.754 - 4.040\} + \min \{0, -14.091 + 4.040\} = -10.051$$

$$V_3 = \min \{0, 14.754 - 4.040\} + \min \{0, -14.091 + 4.040\} = -10.051$$

$$V_4 = \min \{0, 14.754 - 5.000\} + \min \{0, -14.091 + 5.000\} = -9.091$$

$$V_5 = \min \{0, 14.754 - 5.400\} + \min \{0, -14.091 + 5.400\} = -8.691$$

$$V_6 = \min \{0, 14.754 - 5.400\} + \min \{0, -14.091 + 5.400\} = -8.69$$

$$V_7 = \min \{0, 14.754 - 8.800\} + \min \{0, -14.091 + 8.800\} = -5.291$$

$$V_8 = \min \{0, 14.754 - 11.000\} + \min \{0, -14.091 + 11.000\} = -3.091$$

Dipilih nilai  $V$  yang terbesar yang belum dinaikan yaitu  $X_7$  sehingga didapat  $Z^2 = 16.038$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (5.954, -5.291)$  ini pun belum layak sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya dari nilai  $V$

dan dapat dipilih untuk menaikkan  $X_7$ , maka dilakukan pengujian:

$$V_1 = \min \{0, 5.954 - 4.040\} + \min \{0, -5.291 + 4.040\} = -1.251$$

$$V_2 = \min \{0, 5.954 - 4.040\} + \min \{0, -5.291 + 4.040\} = -1.251$$

$$V_3 = \min \{0, 5.954 - 4.040\} + \min \{0, -5.291 + 4.040\} = -1.251$$

$$V_4 = \min \{0, 5.954 - 5.000\} + \min \{0, -5.291 + 5.000\} = -291$$

$$V_5 = \min \{0, 5.954 - 5.400\} + \min \{0, -5.291 + 5.400\} = 0$$



$$V_6 = \min \{0, 5.954 + 5.400\} + \min \{0, -5.291 + 5.400\} = 0$$

$$V_7 = \min \{0, 5.954 - 8.800\} + \min \{0, -5.291 + 8.800\} = -2.846$$

$$V_8 = \min \{0, 5.954 - 11.000\} + \min \{0, -5.291 + 11.000\} = -5.046$$

Sehingga pada  $X_6$  didapat nilai  $Z^3 = 20.412$  dengan  $(S_1^3, S_2^3) = (554, 109)$ .

Dalam hal ini penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai terbesar yang diterima. Sehingga didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan kapasitas daya 5.000 Kw, 1 mesin kapasitas daya 8.800 Kw dan 1 mesin kapasitas daya 11.000 Kw dengan nilai  $\bar{Z} = 20.412$  liter.

### **5.2.7. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval**

**Waktu 18.00-21.00**

*Fungsi tujuan:*

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 33.739$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 34.268$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 7:

**Tabel 7.** Model Matematika Pada Interval Waktu 18.00-21.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	34.268
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-33.739

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

kendala :

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7$$

$$-11.000X_8 \leq -33.739$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 34.268$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$$Z^0 = 0 \text{ dengan } (S_1^0, S_2^0) = (34.268, -33.739)$$

Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif,

sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan

menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas

ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang

disingkirkan sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 34.268 - 4.040\} + \min \{0, -33.739 + 4.040\} = -29.699$$

$$V_2 = \min \{0, 34.268 - 4.040\} + \min \{0, -33.739 + 4.040\} = -29.699$$

$$V_3 = \min \{0, 34.268 - 4.040\} + \min \{0, -33.739 + 4.040\} = -29.699$$

$$V_4 = \min \{0, 34.268 - 5.000\} + \min \{0, -33.739 + 5.000\} = -28.739$$

$$V_5 = \min \{0, 34.268 - 5.400\} + \min \{0, -33.739 + 5.400\} = -28.339$$

$$V_6 = \min \{0, 34.268 - 5.400\} + \min \{0, -33.739 + 5.400\} = -28.339$$

$$V_7 = \min \{0, 34.268 - 8.800\} + \min \{0, -33.739 + 8.800\} = -24.939$$

$$V_8 = \min \{0, 34.268 - 11.000\} + \min \{0, -33.739 + 11.000\} = -22.739$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $X_8$  di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (23.268, -22.739)$ .

Karena nilai slacknya masih mempunyai nilai negatif sehingga penyelesaian ini belum layak maka variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu seperti pada langkah awal. Dalam langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 23.268 - 4.040\} + \min \{0, -22.739 + 4.040\} = -18.699$$

$$V_2 = \min \{0, 23.268 - 4.040\} + \min \{0, -22.739 + 4.040\} = -18.699$$

$$V_3 = \min \{0, 23.268 - 4.040\} + \min \{0, -22.739 + 4.040\} = -18.699$$

$$V_4 = \min \{0, 23.268 - 5.000\} + \min \{0, -22.739 + 5.000\} = -17.739$$

$$V_5 = \min \{0, 23.268 - 5.400\} + \min \{0, -22.739 + 5.400\} = -17.339$$

$$V_6 = \min \{0, 23.268 - 5.400\} + \min \{0, -22.739 + 5.400\} = -17.339$$

$$V_7 = \min \{0, 23.268 - 8.800\} + \min \{0, -22.739 + 8.800\} = -13.939$$

$$V_8 = \min \{0, 23.268 - 11.000\} + \min \{0, -22.739 + 11.000\} = -11.739$$

Nilai Slack yang terbesar yang harus dinaikkan dinaikkan yaitu  $V_7$  sehingga didapat  $Z^2 = 16.038$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (14.468, +13.939)$  inipun belum layak sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya dari nilai  $V$  dan dapat dipilih untuk menaikkan  $X_7$ , maka dilakukan pengujian:

$$V_1 = \min \{0, 14.468 - 4.040\} + \min \{0, -13.939 + 4.040\} = -9.899$$

$$V_2 = \min \{0, 14.468 - 4.040\} + \min \{0, -13.939 + 4.040\} = -9.899$$

$$V_3 = \min \{0, 14.468 - 4.040\} + \min \{0, -13.939 + 4.040\} = -9.899$$

$$V_4 = \min \{0, 14.468 - 5.000\} + \min \{0, -13.939 + 5.000\} = -8.939$$

$$V_5 = \min \{0, 14.468 - 5.400\} + \min \{0, -13.939 + 5.400\} = -8.539$$

$$V_6 = \min \{0, 14.468 - 5.400\} + \min \{0, -13.939 + 5.400\} = -8.539$$

$$V_7 = \min \{0, 14.468 - 8.800\} + \min \{0, -13.939 + 8.800\} = -5.139$$

$$V_8 = \min \{0, 14.468 - 11.000\} + \min \{0, -13.939 + 11.000\} = -2.939$$

Nilai slacknya yang perlu dinaikkan adalah  $V_5$  dan  $V_6$  maka kita pilih salah satunya. Dipilih  $V_6$  sehingga didapat  $Z^3 = 20.412$  dengan  $(S_1^3, S_2^3) = (9.068, -8.539)$  inipun penyelesaiannya belum layak karena nilai slacknya masih negatif sehingga masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya.

Dimana ada variabel yang sudah disingkirkan yaitu  $V_7$  dan  $V_8$ . maka dilakukan pengujian:

$$V_1 = \min \{0, 9.068 - 4.040\} + \min \{0, -8.539 + 4.040\} = -4.499$$

$$V_2 = \min \{0, 9.068 - 4.040\} + \min \{0, -8.539 + 4.040\} = -4.499$$

$$V_3 = \min \{0, 9.068 - 4.040\} + \min \{0, -8.539 + 4.040\} = -4.499$$

$$V_4 = \min \{0, 9.068 - 5.000\} + \min \{0, -8.539 + 5.000\} = -3.539$$

$$V_5 = \min \{0, 9.068 - 5.400\} + \min \{0, -8.539 + 5.400\} = -3.139$$

$$V_6 = \min \{0, 9.068 - 5.400\} + \min \{0, -8.539 + 5.400\} = -3.139$$

$$V_7 = \min \{0, 9.068 - 8.800\} + \min \{0, -8.539 + 8.800\} = 0$$

$$V_8 = \min \{0, 9.068 - 11.000\} + \min \{0, -8.539 + 11.000\} = +1.932$$

Berarti yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah  $X_4$  sehingga didapat  $Z^4 = 24.462$  dengan  $(S_1^4, S_2^4) = (4.068, -3.539)$ . inipun belum layak, sehingga

masih ada peluang untuk menaikkan salah satu variabelnya. Dari nilai  $V$  slacknya dapat dipilih untuk menaikkan  $X_3$  dengan nilai  $Z^5 = 27.734$  dan  $(S_1^5, S_2^5) = (28, 501)$ . Dalam hal ini penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai yang terbesar yang dapat diterima. Sehingga didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan kapasitas daya 4.040 Kw, 1 mesin dengan kapasitas daya 5.000 Kw, 1 mesin dengan kapasitas daya 5.400 Kw, 1 mesin kapasitas daya 8.800 Kw dan 1 mesin kapasitas daya 11.000 Kw dengan nilai  $\bar{Z} = 27.734$  liter.

#### **5.2.8. Model Matematika Yang Didapatkan Dari Sistem Pada Interval**

**Waktu 21.00-24.00**

*Fungsi tujuan :*

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

*kendala :*

$$4.040X_1 + 4.040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \geq 14.864$$

$$+ 11.000X_8 \leq 15.431$$

Model matematika diatas dapat dinyatakan dalam bentuk Tabel 8:

**Tabel 8.** Model Matematika Pada Interval Waktu 21.00-24.00

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$S_1$	$S_2$	RHS
3.272	3.272	3.272	4.050	4.374	4.374	7.128	8.910	0	0	Z
4.040	4.040	4.040	5.000	5.400	5.400	8.800	11.000	1	0	15.431
-4.040	-4.040	-4.040	-5.000	-5.400	-5.400	-8.800	-11.000	0	1	-14.864

Karena algoritma aditif menghendaki semua tanda dalam pertidaksamaan dalam bentuk  $\leq$  maka model matematisnya menjadi:

$$\text{Min } Z = 3.272X_1 + 3.272X_2 + 3.272X_3 + 4.050X_4 + 4.374X_5 + 4.374X_6$$

$$+ 7.128X_7 + 8.910X_8$$

kendala :

$$-4.040X_1 - 4.040X_2 - 4.040X_3 - 5.000X_4 - 5.400X_5 - 5.400X_6 - 8.800X_7$$

$$-11.000X_8 \leq -14.864$$

$$4.040X_1 + 4.4040X_2 + 4.040X_3 + 5.000X_4 + 5.400X_5 + 5.400X_6 + 8.800X_7$$

$$+ 11.000X_8 \leq 15.431$$

Dengan variabel bebasnya pada awalnya berada ditingkat nol maka diperoleh :

$$Z^0 = 0 \text{ dengan } (S_1^0, S_2^0) = (15.431, -14.864). \text{ Hal ini menunjukkan bahwa}$$

penyelesaian tersebut tidak fisibel dikarenakan masih ada yang bernilai negatif,

sehingga perlu untuk menaikkan satu atau lebih variabel ketingkat satu asalkan

menuju pada penyelesaian yang layak. Dalam hal ini menaikkan variabel bebas

ketingkat satu, dan dilakukan pengujian sebagai berikut :

Sesuai dengan pengujian pertama, maka tidak ada variabel yang disingkirkan

sehingga didapat :

$$V_1 = \min \{0, 15.431 - 4.040\} + \min \{0, -14.864 + 4.040\} = -10.824$$

$$V_2 = \min \{0, 15.431 - 4.040\} + \min \{0, -14.864 + 4.040\} = -10.824$$

$$V_3 = \min \{0, 15.431 - 4.040\} + \min \{0, -14.864 + 4.040\} = -10.824$$

$$V_4 = \min\{0, 15.431 - 5.000\} + \min\{0, -14.864 + 5.000\} = -9.864$$

$$V_5 = \min\{0, 15.431 - 5.400\} + \min\{0, -14.864 + 5.400\} = -9.464$$

$$V_6 = \min\{0, 15.431 - 5.400\} + \min\{0, -14.864 + 5.400\} = -9.464$$

$$V_7 = \min\{0, 15.431 - 8.800\} + \min\{0, -14.864 + 8.800\} = -6.064$$

$$V_8 = \min\{0, 15.431 - 11.000\} + \min\{0, -14.864 + 11.000\} = -3.864$$

Mesin yang harus dinaikkan ketingkat satu adalah mesin yang mempunyai nilai variabel yang paling besar, sehingga disini yang harus kita naikkan adalah  $V_8$

di dapat  $Z^1 = 8.910$  dengan  $(S_1^1, S_2^1) = (4.431, -3.864)$ . Karena nilai slacknya

masih mempunyai nilai negatif sehingga penyelesaian ini belum layak maka

variabel yang perlu dinaikkan ketingkat satu seperti pada langkah awal. Dalam

langkah ini variabel yang merupakan variabel bebas adalah

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \text{ sehingga didapat:}$$

$$V_1 = \min\{0, 4.431 - 4.040\} + \min\{0, -3.864 + 4.040\} = 0$$

$$V_2 = \min\{0, 4.431 - 4.040\} + \min\{0, -3.864 + 4.040\} = 0$$

$$V_3 = \min\{0, 4.431 - 4.040\} + \min\{0, -3.864 + 4.040\} = 0$$

$$V_4 = \min\{0, 4.431 - 5.000\} + \min\{0, -3.864 + 5.000\} = -569$$

$$V_5 = \min\{0, 4.431 - 5.400\} + \min\{0, -3.864 + 5.400\} = -969$$

$$V_6 = \min\{0, 4.431 - 5.400\} + \min\{0, -3.864 + 5.400\} = -969$$

$$V_7 = \min\{0, 4.431 - 8.800\} + \min\{0, -3.864 + 8.800\} = -4.369$$

$$V_8 = \min\{0, 4.431 - 11.000\} + \min\{0, -3.864 + 11.000\} = -6.569$$

Didapat nilai  $Z^2 = 12.182$  dengan  $(S_1^2, S_2^2) = (391, 176)$ . Dalam hal ini

penyelesaian sudah layak, ini merupakan nilai terbesar yang diterima. Sehingga

didapat nilai yang paling optimal adalah dengan mengoperasikan 1 mesin dengan

No.	Waktu	Kombinasi Mesin Yang Dioperasikan	Kapasitas Daya (KW)	Jumlah Bahan Bakar (liter)	Biaya Bahan Bakar (Rp)
1.	00.00-03.00	A H, B H, C H	4.040 dan 11.000	12.182	99.283.300
2.	03.00-06.00	D H	5.000 dan 11.000	12.960	105.624.000
3.	06.00-09.00	D G H	5.000, 8.800 dan 11.000	20.088	163.717.200
4.	09.00-12.00	D G H	5.000, 8.800 dan 11.000	20.088	163.717.200
5.	12.00-15.00	A G H, B G H	4.040, 8.800 dan 11.000	19.310	157.376.500
6.	15.00-18.00	E G H, F G H	5.400, 8.800 dan 11.000	20.412	166.357.800
7.	18.00-21.00	A D F G H, B D F G H, C D F G H, A D E G H, B D E G H, C D E G H	4.040, 5.000, 5.400, 8.800 dan 11.000	27.734	226.032.100
8.	21.00-24.00	A H, B H, C H	4.040 dan 11.000	12.182	99.283.300

kapasitas daya 4.040 Kw dan 12.182 liter.

Dengan penyelesaian dari masing-masing interval waktu maka didapat pengkombinasi mesin-mesin yang optimal beroperasi, banyaknya bahan bakar yang diperlukan, dan jumlah bahan bakar , dan biaya bahan bakar dengan harga Rp.8.150 (harga industri), dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 9.** Kombinasi Mesin Pada Masing-Masing Interval, Jumlah Bahan Bakar dan Biaya Bahan Bakar

### **6.1. Kesimpulan**

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Data beban sistem selama 150 hari pada semua interval waktu datanya berdistribusi normal dimana nilai statistik hitung ( $L_{hit}$ ) ≤ nilai tabel ( $L_\alpha$ ) dengan  $\alpha = 0.05$ . Melalui pendekatan Metode *Integer Programming* maka diperoleh kombinasi mesin-mesin yang dioperasikan pada masing-masing interval waktu yaitu :
  - Pada waktu 00.00-03.00 dan jam 21.00-24.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 4.040 KW dan 11.000 KW.
  - Pada waktu 03.00-06.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 5.000 KW dan 11.000 KW.
  - Pada waktu 06.00-09.00 dan jam 09.00-12.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 5.000 KW, 8.800 KW dan 11.000 KW.
  - Pada waktu 12.00-15.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 4.040 KW, 8.800 KW, 11.000 KW.
  - Pada waktu 15.00-18.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 5.400 KW, 8.800 KW, 11.000 KW.
  - Pada waktu 18.00-21.00 mempunyai kombinasi mesin yang optimal dioperasikan berkapasitas daya 4.040 KW, 5.000 KW, 5.400 KW, 8.800 KW, 11.000 KW.



## DAFTAR PUSTAKA

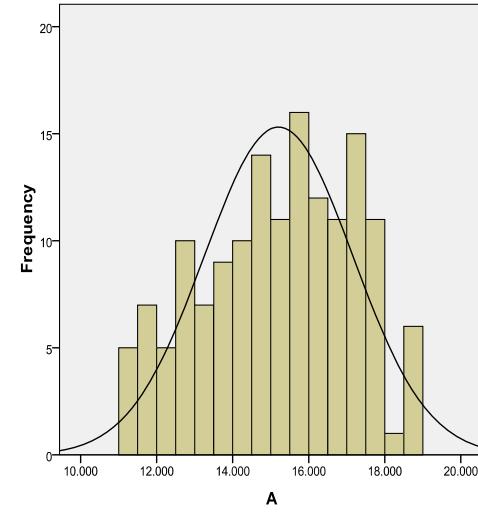
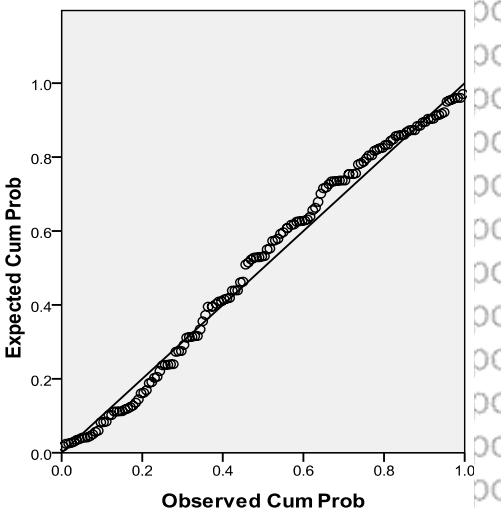
- Aminudin, 2005. "Prinsip-Prinsip Riset Operasi". Erlangga. Jakarta.
- Anderson, D.R., D.J. Sweeney, T.A. Williams, 1996. "**Manajemen Sains Pendekatan Kuantitatif Untuk Pengambilan Keputusan Manajemen**". Erlangga. Jakarta.
- Anonim, 2011. **Data Sistem Pengoperasian Mesin dan Efisiensi**. PT.PLNA (PERSERO) Wilayah SULUTTENGGO Sektor Minahasa.
- James P. Ignizio, Tom M. Cavalier 1994. "**Linear Programming**". Prentice-Hull International INC. USA
- Kadir Abdul, 1996. "**Pembangkit Tenaga Listrik**". Universitas Indonesia. Jakarta.
- Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis, Hanif D.Sherali, 1990. "**Linear Programming And Network Flows**". John Willey & Sons New York Chchester Brisbane Toronto Singapore. Second Edition.
- Nasendi, B.D. dan Anwar, 1985. "**Program Linear dan Variasinya**". PT. Gramedia. Jakarta.
- Paul R.Thie, 1988. "**An Introduction To Linear Programming and Game**", Second Edition. John Willey & Sons Departement of Mathematics. Boston Cologe.
- Rihandoyo, 2009. "**Alat Uji Hipotesis Penelitian NonParametrik**". Undip.
- Rosnani Ginting, 2009. "**Penjadwalan Mesin**". Graha Ilmu Yogyakarta.
- Suyitno M.,MPd, Dr., 2011. "**Pembangkit Energi Listrik**". Rineka Cipta, Jakarta
- Taha, A Hamdy , 2003. "**Operations Research**"An Introduction Fourth Edition, Department of Industrial Engeneering University of Arkansas, Fayetteville
- Walpole, R. E dan Meyers Raymond H, 1995. "**Ilmu Peluang Dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan**". ITB Bandung.
- William D, Stevenson, 1982. "**Elements of Power System Analysis**", Mc Graw-hill International Book Company.
- Wiranto, Arismunandar, Koichi Tsuda, 1997. "**Motor Dieser Putaran Tinggi**". PT. Pradnya Paramita, Jakarta.



# **DAFTAR GAMBAR**

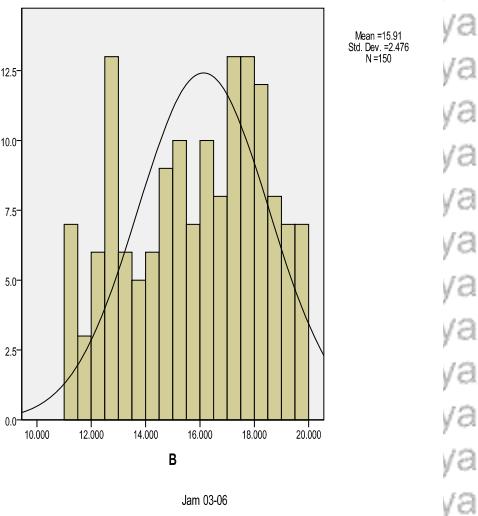
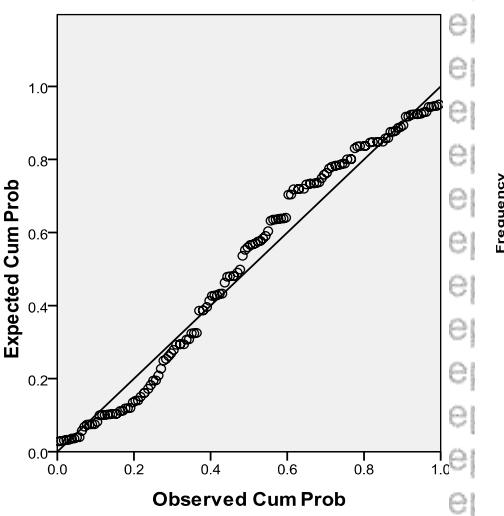
### **Plot Grafik Peluang Normal Pada Masing-Masing Interval Waktu**

**Normal P-P Plot of A**

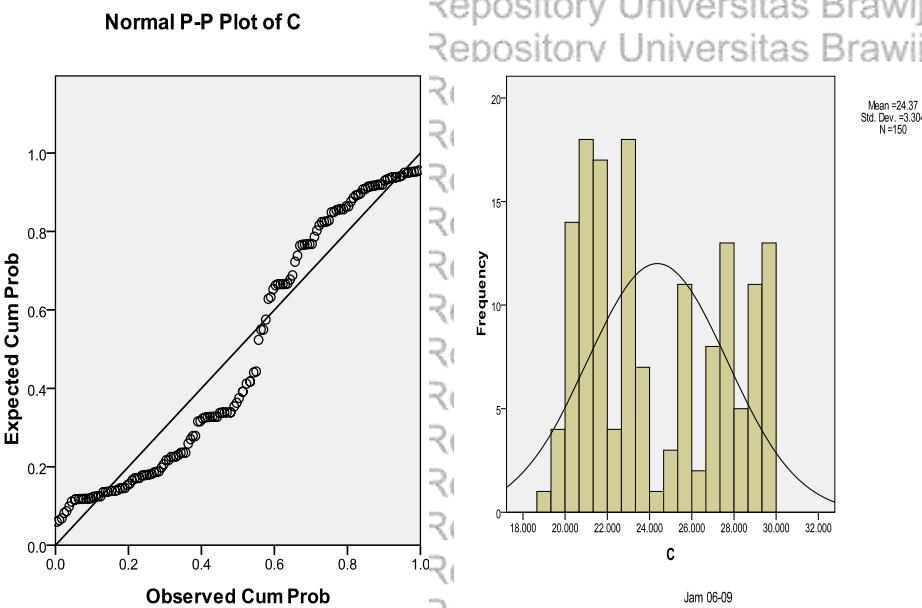


**Gambar 5.1. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 00-03**

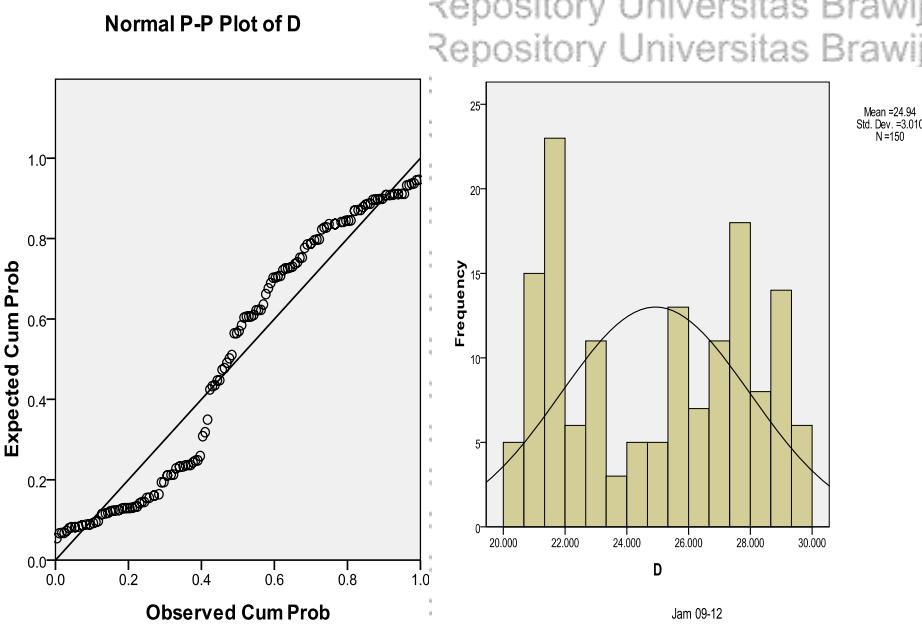
**Normal P-P Plot of B**



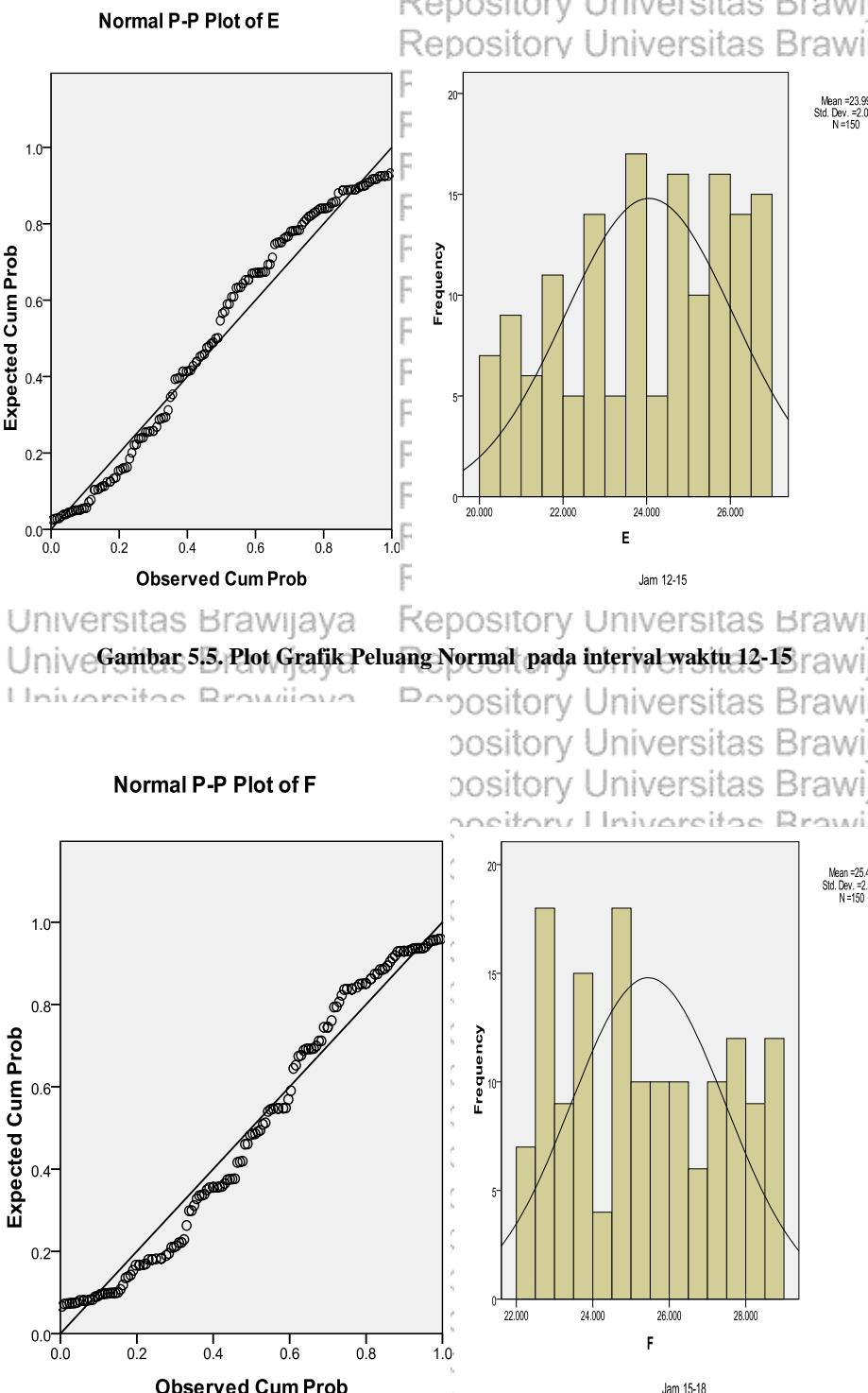
**Gambar 5.2. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 03-06**



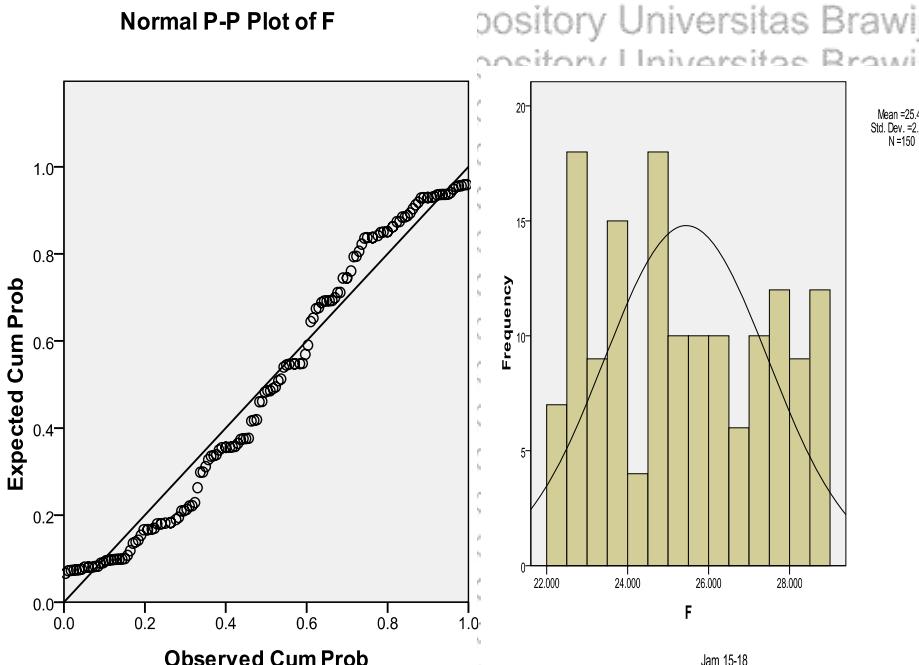
**Gambar 5.3.** Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 06-09



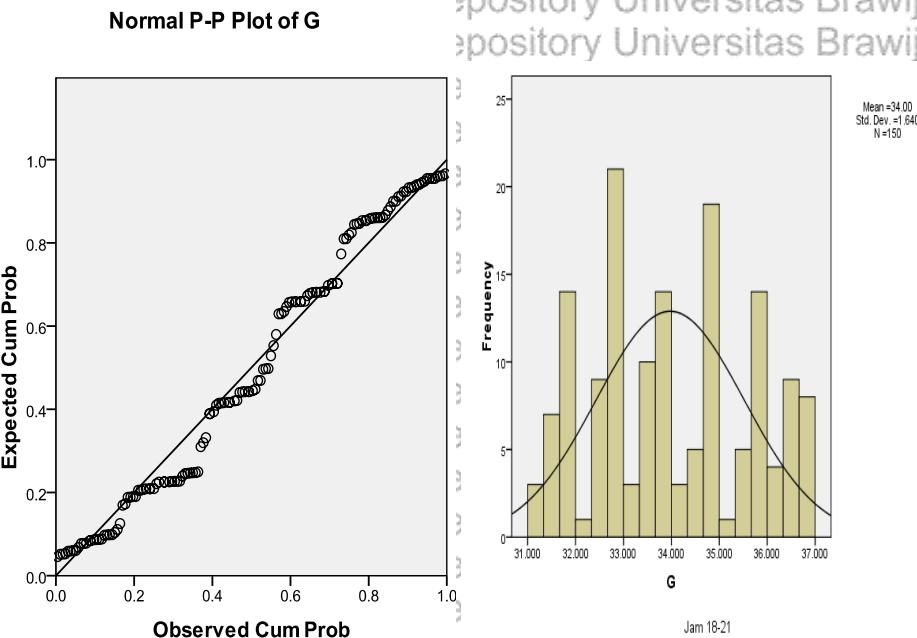
**Gambar 5.4.** Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 09-12



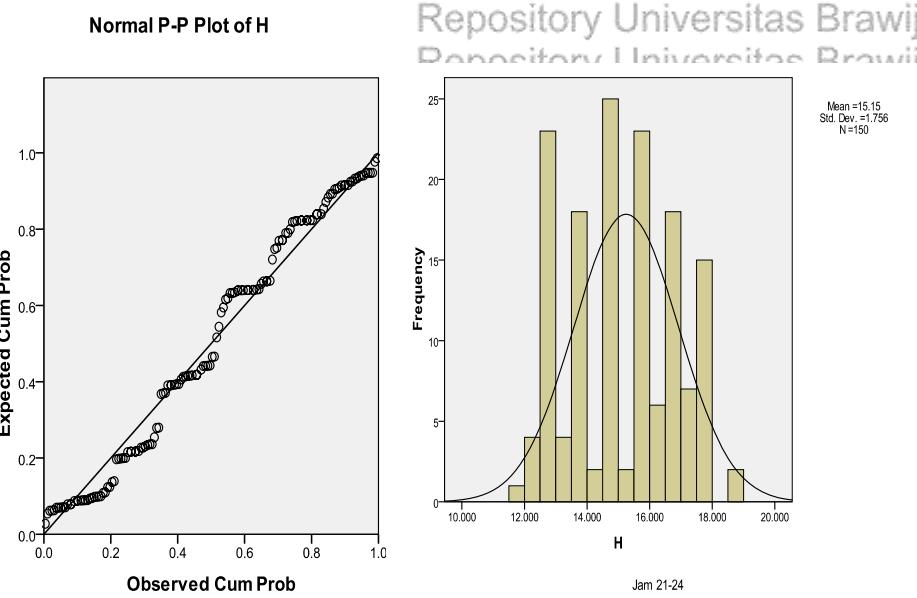
Gambar 5.5. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 12-15



Gambar 5.6. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 15-16



Gambar 5.7. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 18-21



Gambar 5.8. Plot Grafik Peluang Normal pada interval waktu 21-24



# **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data yang dibangkitkan oleh sistem selama 150 hari (KWh)

No.	Jam 00.00-03	Jam 03.00-06	Jam 06.00-09	Jam 09.00-12	Jam 12.00-15	Jam 15 -18	Jam 18 - 21	Jam 21- 24
1	17.678	15.848	23.132	21.548	23.674	27.778	33.234	15.510
2	11.636	13.236	20.745	22.345	26.432	25.002	31.234	13.246
3	15.234	18.342	20.114	21.955	25.554	24.118	32.767	16.773
4	14.239	17.345	21.228	22.540	23.546	27.196	34.546	15.219
5	16.445	19.430	19.778	27.234	25.448	25.332	35.679	13.662
6	12.438	18.342	21.436	21.955	20.563	26.184	36.453	15.887
7	13.785	15.785	22.789	21.540	21.443	27.664	36.900	13.987
8	11.746	18.278	28.456	29.437	26.879	23.895	31.556	14.765
9	15.675	15.779	29.456	21.955	22.666	22.545	32.674	12.764
10	16.832	19.543	25.989	21.372	20.123	24.662	34.784	15.789
11	17.103	18.456	20.451	29.458	23.992	25.891	32.876	14.662
12	18.450	12.743	22.895	20.851	21.451	25.667	33.657	16.887
13	14.772	12.225	28.894	20.851	26.894	24.336	36.774	14.784
14	13.435	11.453	26.745	27.955	23.619	27.775	31.673	13.669
15	15.349	16.786	21.934	21.350	26.432	28.934	32.452	17.994
16	17.229	14.560	29.456	20.955	24.342	24.567	33.789	12.845
17	12.664	18.930	23.874	28.748	25.845	23.543	34.120	17.883
18	11.827	15.489	20.876	25.585	20.771	24.987	35.772	16.337
19	16.385	15.678	22.432	21.321	26.557	22.567	36.459	12.667
20	18.643	19.564	19.344	23.437	24.320	23.765	34.763	11.789
21	17.447	13.567	21.239	25.882	23.449	28.554	32.654	14.778
22	11.926	15.899	20.734	21.998	21.111	28.484	33.657	12.776
23	16.437	14.389	19.453	28.579	26.785	23.846	36.773	15.776
24	17.305	16.768	25.782	22.781	24.543	22.756	33.655	16.773
25	15.440	12.889	23.459	21.587	22.674	28.445	34.852	16.453
26	16.552	18.334	22.784	20.705	23.985	28.559	31.442	18.996
27	17.321	19.345	20.569	27.789	24.887	24.663	35.675	17.675
28	11.304	18.326	20.778	21.887	25.541	23.762	32.884	13.876
29	15.261	17.845	27.996	29.786	23.228	26.451	31.675	13.834
30	16.430	15.198	20.341	28.543	21.443	27.322	34.333	16.453
31	15.334	17.890	26.479	21.545	20.445	25.668	32.673	14.119
32	14.701	12.789	25.892	23.781	22.894	27.553	33.876	12.993
33	13.288	11.999	29.398	26.199	24.883	28.774	35.785	17.885
34	12.456	16.134	24.783	21.475	25.557	27.445	36.775	16.775
35	14.227	17.999	25.783	25.756	26.432	28.539	34.678	13.649
36	11.729	14.665	29.498	24.541	26.443	22.662	31.769	15.779
37	15.563	13.347	28.943	26.769	20.674	23.457	36.212	13.228
38	14.734	18.768	20.457	20.998	25.326	28.558	32.564	17.328
39	13.775	19.999	23.897	21.321	24.545	27.445	33.289	12.983



*Sambungan*

No.	Jam 00.00-03	Jam 03.00-06	Jam 06.00-09	Jam 09.00-12	Jam 12.00-15	Jam 15 -18	Jam 18 - 21	Jam 21-24
40	12.932	15.487	22.431	22.743	22.294	24.555	32.562	13.667
41	17.567	18.456	20.459	20.752	23.551	26.567	32.765	12.667
42	14.784	17.569	29.784	27.342	25.992	22.444	31.456	15.773
43	16.443	16.432	28.490	22.751	24.675	23.326	33.542	14.123
44	15.003	14.056	20.431	22.523	26.517	25.375	34.872	13.121
45	14.337	16.745	21.789	26.711	23.189	27.559	35.776	14.662
46	15.327	15.365	23.459	25.432	21.767	26.227	36.887	17.554
47	17.034	12.897	22.894	29.541	22.874	28.103	35.534	16.442
48	16.722	12.345	21.567	20.756	25.995	24.770	32.675	17.993
49	15.732	17.823	20.478	27.782	20.157	22.775	33.672	12.563
50	11.581	16.389	28.768	21.543	25.565	25.667	36.666	15.749
51	17.451	14.269	22.893	22.783	22.446	27.664	31.743	17.773
52	16.564	11.347	21.874	27.342	26.447	26.454	33.651	17.133
53	15.653	15.449	29.784	25.751	21.983	28.567	34.872	12.556
54	14.544	17.864	20.567	28.774	25.351	25.654	31.783	17.554
55	12.773	14.657	22.349	22.848	20.545	23.543	35.912	14.774
56	11.739	18.435	26.789	24.959	26.993	22.541	36.884	12.453
57	14.236	17.345	24.782	21.456	22.883	24.668	33.992	15.886
58	15.987	12.768	29.783	22.785	26.361	22.453	32.776	13.773
59	16.333	19.457	21.348	24.435	23.440	27.885	32.119	14.784
60	16.743	13.456	22.984	25.782	21.032	25.663	34.773	13.835
61	14.663	12.763	28.984	26.571	22.004	26.458	33.765	17.998
62	17.111	14.778	27.459	21.599	26.894	24.662	35.827	15.778
63	13.557	17.456	20.789	22.701	24.894	27.434	33.562	12.663
64	17.045	16.475	21.889	27.435	23.761	27.918	32.765	13.773
65	16.894	15.198	24.997	29.553	26.690	26.774	31.873	14.894
66	15.451	16.765	22.994	27.995	20.432	22.772	36.993	12.564
67	14.212	14.328	22.889	24.745	21.547	23.223	31.432	16.885
68	12.045	19.840	20.884	21.452	22.674	24.339	32.554	15.778
69	17.450	17.482	21.994	25.475	23.917	23.441	34.673	13.774
70	14.005	16.774	28.934	27.731	24.784	28.289	33.629	13.765
71	15.894	12.335	27.456	25.431	25.663	27.105	35.726	16.773
72	11.274	18.765	25.758	21.558	24.443	22.331	31.883	15.568
73	13.084	11.548	27.849	23.521	23.881	25.467	34.775	16.885
74	14.662	13.776	26.994	24.371	20.327	24.505	35.777	12.776
75	15.779	16.378	29.993	28.758	25.914	22.874	36.228	14.994
76	16.431	16.236	26.778	25.753	26.663	23.435	35.729	14.762
77	17.328	11.456	20.559	29.751	22.998	22.436	32.894	12.789
78	13.784	12.789	21.993	20.125	24.874	26.773	35.761	15.894
79	18.520	16.345	23.634	21.752	23.674	27.884	34.876	14.784
80	14.762	18.560	22.995	21.753	24.784	22.478	33.649	12.778
81	15.832	13.900	27.884	26.889	20.149	24.629	35.729	14.675

*Sambungan*

No.	Jam 00.00-03	Jam 03.00-06	Jam 06.00-09	Jam 09.00-12	Jam 12.00-15	Jam 15 -18	Jam 18 - 21	Jam 21-24
82	17.772	17.683	27.498	25.021	26.453	23.789	32.742	15.784
83	13.234	11.287	28.996	26.321	22.654	26.349	31.765	16.994
84	17.402	14.567	20.778	26.582	21.667	28.431	35.442	17.453
85	16.320	13.227	21.668	20.432	26.784	25.673	31.999	18.645
86	11.361	17.339	27.443	21.032	23.543	24.656	34.776	12.784
87	13.222	19.457	21.339	25.732	25.004	22.456	36.105	17.443
88	12.432	18.899	22.998	26.546	20.784	24.412	32.772	16.774
89	16.235	13.456	24.567	25.989	21.943	26.495	31.777	13.885
90	17.192	12.347	28.752	26.432	23.745	28.930	36.545	16.774
91	17.333	11.563	29.450	27.321	26.555	27.443	32.773	15.779
92	13.456	14.779	29.850	28.582	22.740	25.348	34.674	14.673
93	15.829	18.342	22.993	20.889	21.493	27.543	34.876	17.321
94	12.775	17.469	28.553	27.889	24.885	23.432	33.987	16.745
95	14.454	15.456	25.784	24.452	22.178	26.431	35.777	15.663
96	12.779	17.234	29.879	28.321	20.620	25.217	33.764	14.887
97	16.983	16.329	25.668	24.545	26.023	23.842	33.765	12.889
98	17.774	13.178	19.229	28.781	25.354	28.442	31.457	17.564
99	16.553	17.995	25.449	26.999	21.745	26.363	36.338	13.886
100	15.783	16.559	20.994	21.475	22.563	22.543	32.555	15.742
101	14.996	12.784	21.995	20.756	23.864	24.548	34.775	17.776
102	17.008	15.789	26.776	28.741	24.729	23.435	35.986	14.997
103	13.664	19.893	23.212	22.889	20.663	25.487	32.883	16.561
104	12.770	15.789	29.899	27.998	25.355	22.746	36.777	13.856
105	14.663	19.478	20.886	28.321	26.886	26.568	31.325	15.856
106	18.666	17.235	21.367	22.743	25.990	25.667	32.765	15.678
107	16.893	15.193	27.885	26.752	21.667	23.654	33.994	14.846
108	14.000	16.784	22.885	22.342	24.665	24.771	34.674	17.492
109	15.302	17.456	28.993	26.751	25.725	27.483	35.500	16.319
110	17.896	19.845	27.779	22.523	20.673	28.883	31.333	14.555
111	16.023	17.999	21.229	21.711	23.459	22.789	34.666	14.891
112	18.668	17.784	19.876	21.432	26.453	22.562	32.434	16.563
113	17.776	18.567	29.579	20.879	24.222	28.445	33.775	17.237
114	13.539	12.456	21.317	28.987	25.112	27.559	36.558	14.773
115	14.885	17.349	20.811	27.456	26.578	23.564	34.221	12.884
116	12.830	18.456	29.239	25.876	22.555	23.564	32.666	13.774
117	15.822	17.845	29.321	22.998	21.543	24.995	31.342	16.623
118	16.111	17.645	22.998	28.994	26.897	22.543	33.763	15.887
119	18.573	13.783	20.456	20.453	23.561	25.780	36.341	15.342
120	13.772	14.231	20.472	28.994	22.854	25.349	32.764	12.567
121	12.669	12.998	28.345	27.889	24.674	23.159	33.875	14.659
122	17.994	19.894	27.175	26.994	25.885	28.993	34.739	17.552
123	16.447	11.342	26.322	25.884	25.569	26.452	31.934	12.553



*Sambungan*

No.	Jam 00.00-03	Jam 03.00-06	Jam 06.00-09	Jam 09.00-12	Jam 12.00-15	Jam 15 -18	Jam 18 - 21	Jam 21-24
124	15.583	16.278	23.678	24.874	22.658	25.392	32.841	13.783
125	15.853	18.449	20.431	28.943	21.922	24.712	36.103	12.897
130	12.853	18.800	23.321	22.897	26.111	25.628	34.673	14.666
131	13.765	19.342	21.876	20.778	25.952	24.776	32.873	15.773
132	14.887	17.892	27.886	28.456	22.543	22.763	35.233	16.172
133	16.771	15.459	22.235	28.956	21.654	23.185	33.677	12.883
134	14.221	16.321	21.417	26.854	23.775	28.631	32.881	14.729
135	17.667	12.734	21.159	20.889	25.419	26.774	31.884	14.563
136	12.100	14.458	26.766	26.789	20.736	28.455	36.489	15.775
137	15.732	12.342	28.189	27.884	26.452	22.991	34.621	17.996
138	18.937	18.459	25.489	28.945	25.009	27.445	33.657	16.778
139	15.341	14.567	27.789	28.345	24.447	22.776	31.665	17.662
140	13.991	17.459	20.741	28.943	26.777	23.553	35.663	16.756
141	17.882	12.984	27.998	20.448	25.825	27.111	32.674	15.743
142	16.552	11.234	27.341	27.450	23.934	24.674	34.672	12.459
143	15.332	17.439	20.545	28.349	24.881	28.212	31.885	15.778
144	14.883	12.983	21.786	27.993	25.457	22.674	33.542	16.885
145	13.004	14.786	22.854	26.545	21.980	25.222	32.774	12.834
146	17.563	13.667	21.042	20.567	20.032	23.618	34.568	17.851
147	12.894	11.190	21.322	21.889	22.435	22.423	35.444	12.333
148	11.004	18.997	22.877	28.999	26.000	23.541	31.743	16.765
149	14.102	14.568	25.799	27.949	24.778	28.998	34.545	13.659
150	15.555	19.445	28.879	27.889	26.130	24.762	33.757	12.786

**Lampiran 2. Data Mesin PLTD Bitung**

No.	Merk / Type Mesin	Daya Terpasang (KW)	Efisiensi
1.	SWD 9TM 410 3334	4.040	0.27
2.	SWD 9TM 410 3333	4.040	0.27
3.	SWD 9TM 410 3457	4.040	0.27
4.	NIGATA 12 PC-5V 53802	5.000	0.27
5.	PIELSTICK 12 PC 2-5V 3139	5.400	0.27
6.	PIELSTICK 12 PC 2-5V 3138	5.400	0.27
7.	SWD 16TM 410 3669	8.000	0.27
8.	HITACHI 16 ZA 40 S 7353	11.000	0.27

Sumber Data : PT. PLN(Persero) Wilayah Suluttenggo Sektor Minahasa  
PLTD Bitung

Lampiran 3a. Tabel One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		A	B	C	D	E	F	G	H
N		150	150	150	150	150	150	150	150
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	15.18909	15.90853	24.37018	24.94377	23.98669	25.42204	34.00323	15.14735
	Std. Deviation	1.984881	2.476055	3.303708	3.009612	2.017045	2.055236	1.640418	1.755629
Most Extreme Differences	Absolute	.069	.105	.148	.145	.093	.098	.117	.090
	Positive	.052	.073	.148	.145	.068	.098	.117	.090
	Negative	-.069	-.105	-.097	-.109	-.093	-.096	-.084	-.079
Kolmogorov-Smirnov Z		.844	1.285	1.809	1.777	1.143	1.205	1.435	1.108
Asymp. Sig. (2-tailed)		.474	.073	.003	.004	.147	.109	.032	.172
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.	.451 <sup>c</sup>	.069 <sup>c</sup>	.003 <sup>c</sup>	.004 <sup>c</sup>	.138 <sup>c</sup>	.102 <sup>c</sup>	.029 <sup>c</sup>	.161 <sup>c</sup>
	95% Confidence Interval	Lower Bound	.442	.064	.002	.002	.131	.096	.026
		Upper Bound	.461	.074	.004	.005	.145	.108	.033
									.168

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 299883525.

Sumber: Sofware SPSS Ver. 16



UNIVERSITAS  
BRAWIJAYA

REPOSITORY UB.AC.ID

**Lampiran 3b. Tabel Statistik Deskriptif**

		<b>Statistic</b>	<b>Std. Error</b>
<b>A</b>	Mean	15.18909	.162065
	95% Confidence Interval for		
	Lower Bound	14.86885	
	Mean	15.50934	
	Upper Bound		
	5% Trimmed Mean	15.21059	
	Median	15.34500	
	Variance	3.940	
	Std. Deviation	1.984881	
	Minimum	11.004	
	Maximum	18.937	
<b>B</b>	Mean	15.90853	.202169
	95% Confidence Interval for		
	Lower Bound	15.50904	
	Mean	16.30802	
	Upper Bound		
	5% Trimmed Mean	15.94725	
	Median	16.29950	
	Variance	6.131	
	Std. Deviation	2.476055	
	Minimum	11.190	
	Maximum	19.999	
<b>C</b>	Mean	24.37018	.269747
	95% Confidence Interval for		
	Lower Bound	23.83716	
	Mean	24.90320	
	Upper Bound		
	5% Trimmed Mean	24.32159	
	Median	23.26650	
	Variance	10.914	
	Std. Deviation	3.303708	
	Minimum	19.229	
	Maximum	29.993	
<b>D</b>	Mean	24.94377	.245734
	95% Confidence Interval for		
	Lower Bound	24.45820	
	Mean	25.42935	
	Upper Bound		
	5% Trimmed Mean	24.93839	
	Median	25.45350	
	Variance	9.058	
	Std. Deviation	3.009612	
	Minimum	20.125	
	Maximum	29.786	
<b>E</b>	Mean	23.98669	.164691
	95% Confidence Interval for		
	Lower Bound	23.66126	
	Mean	24.31212	
	Upper Bound		
	5% Trimmed Mean	24.03293	

<b>A</b>	Mean	24.27100	versitas Brawijaya	Repository
	Variance	4.068	versitas Brawijaya	Repository
	Std. Deviation	2.017045	versitas Brawijaya	Repository
	Minimum	20.032	versitas Brawijaya	Repository
	Maximum	26.993	versitas Brawijaya	Repository
<b>B</b>	Mean	25.42204	.167809	versitas Brawijaya
	95% Confidence Interval for Mean	25.09045	versitas Brawijaya	Repository
	Lower Bound	25.75363	versitas Brawijaya	Repository
	Upper Bound	25.39695	versitas Brawijaya	Repository
	5% Trimmed Mean	25.34000	versitas Brawijaya	Repository
	Median	4.224	versitas Brawijaya	Repository
	Variance	2.055236	versitas Brawijaya	Repository
	Std. Deviation	22.331	versitas Brawijaya	Repository
	Minimum	28.998	versitas Brawijaya	Repository
	Maximum	34.00323	.133940	versitas Brawijaya
<b>C</b>	Mean	33.73856	versitas Brawijaya	Repository
	95% Confidence Interval for Mean	34.26790	versitas Brawijaya	Repository
	Lower Bound	33.99123	versitas Brawijaya	Repository
	Upper Bound	33.77000	versitas Brawijaya	Repository
	5% Trimmed Mean	2.691	versitas Brawijaya	Repository
	Median	1.640418	versitas Brawijaya	Repository
	Variance	31.234	versitas Brawijaya	Repository
	Std. Deviation	36.993	versitas Brawijaya	Repository
	Minimum	15.14735	.143347	versitas Brawijaya
	Maximum	14.86410	versitas Brawijaya	Repository
<b>D</b>	Mean	15.43061	versitas Brawijaya	Repository
	95% Confidence Interval for Mean	15.13175	versitas Brawijaya	Repository
	Lower Bound	14.94400	versitas Brawijaya	Repository
	Upper Bound	3.082	versitas Brawijaya	Repository
	5% Trimmed Mean	1.755629	versitas Brawijaya	Repository
	Median	11.789	versitas Brawijaya	Repository
	Variance	18.996	versitas Brawijaya	Repository
	Std. Deviation	Sumber : Software SPSS Ver.16	versitas Brawijaya	Repository
	Minimum	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Maximum	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Mean	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	95% Confidence Interval for Mean	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Lower Bound	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Upper Bound	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	5% Trimmed Mean	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Median	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Variance	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Std. Deviation	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Minimum	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository
	Maximum	Repository Universitas Brawijaya	versitas Brawijaya	Repository



OPERASI MESIN PADA JAM 00-03 MIN			
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Current solution found at node 12 -- Nbr of nodes so far examined: 12			Obj value = 12182.00000
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	1.0000	3272.0000	3272.0000
x4 D	0.0000	4050.0000	0.0000
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000
x7 G	0.0000	7128.0000	0.0000
x8 H	1.0000	8910.0000	8910.0000
More to come... Press PgDn/PgUp to scroll			

OPERASI MESIN PADA JAM 00-03 MIN		
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***		
Current solution found at node 12 -- Nbr of nodes so far examined: 12		Obj value = 12182.00000
Constraint	RHS	Slack(-)/Surplus(+)
1 <>	14869.0000	0.1710+
2 <>	15509.0000	0.4690-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	0.0000-
UB-x4 D	1.0000	1.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	1.0000-
UB-x7 G	1.0000	1.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-

OPERASI MESIN PADA JAM 03-06 MIN			
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Current solution found at node 25 -- Nbr of nodes so far examined: 25			Obj value = 12960.0000
<hr/>			
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	0.0000	3272.0000	0.0000
<b>x4 D</b>	<b>1.0000</b>	<b>4050.0000</b>	<b>4050.0000</b>
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000
x7 G	0.0000	7128.0000	0.0000
<b>x8 H</b>	<b>1.0000</b>	<b>8910.0000</b>	<b>8910.0000</b>
 More to come... Press PgDn/PgUp to scroll			
 <PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu			

OPERASI MESIN PADA JAM 03-06 MIN		
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***		
Current solution found at node 25 -- Nbr of nodes so far examined: 25		Obj value = 12960.0000
<hr/>		
Constraint	RHS	Slack(<)/Surplus(+)
1 <>	15509.0000	0.4910+
2 <>	16308.0000	0.3080-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	1.0000-
UB-x4 D	1.0000	0.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	1.0000-
UB-x7 G	1.0000	1.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-
 <PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu		



OPERASI MESIN PADA JAM 09-12 MIN			
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	0.0000	3272.0000	0.0000
<b>x4 D</b>	<b>1.0000</b>	<b>4850.0000</b>	<b>4850.0000</b>
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000
<b>x7 G</b>	<b>1.0000</b>	<b>7128.0000</b>	<b>7128.0000</b>
<b>x8 H</b>	<b>1.0000</b>	<b>8910.0000</b>	<b>8910.0000</b>

**More to come... Press PgDn/PgUp to scroll**

**<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu**

OPERASI MESIN PADA JAM 09-12 MIN		
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***		
Constraint	RHS	Slack(<)/Surplus(>)
1 <>	24458.0000	0.3420+
2 <>	25429.0000	0.6290-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	1.0000-
UB-x4 D	1.0000	0.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	1.0000-
UB-x7 G	1.0000	0.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-

**<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu**

Lampiran 4e. Hasil Operasi mesin pada jam 12.00-15.00

 Tora.exe

OPERASI MESIN PADA JAM 12-15		MIN	
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Current solution found at node 11 -- Nbr of nodes so far examined: 11			
Obj value = 19310.0000			
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	1.0000	3272.0000	3272.0000
x4 D	0.0000	4050.0000	0.0000
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000
x7 G	1.0000	7128.0000	7128.0000
x8 H	1.0000	8910.0000	8910.0000

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F2>Current Solution Menu

Tora.exe

1

OPERASI MESIN PADA JAM 12-15 MIN

\*\*\* CURRENT BEST INTEGER SOLUTION \*\*\*

Current solution found at node 11 -- Nbr of nodes so far examined: 11

Obj value = 19310.00000

---

Constraint	RHS	Slack(<)/Surplus(+)
1 <>	23661.0000	0.1790+
2 <>	24312.0000	0.4720-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	0.0000-
UB-x4 D	1.0000	1.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	1.0000-
UB-x7 G	1.0000	0.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya 73  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Lampiran 4f Hasil Operasi Mesin pada jam 15.00-18.00

OPERASI MESIN PADA JAM 15-18 MIN			
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	0.0000	3272.0000	0.0000
x4 D	0.0000	4050.0000	0.0000
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	1.0000	4374.0000	4374.0000
x7 G	1.0000	7128.0000	7128.0000
x8 H	1.0000	8910.0000	8910.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

OPERASI MESIN PADA JAM 15-18 MIN		
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***		
Constraint	RHS	Slack(<)/Surplus(+)
1 <>	25091.0000	0.1090+
2 <>	25754.0000	0.0000-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	1.0000-
UB-x4 D	1.0000	1.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	0.0000-
UB-x7 G	1.0000	0.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository  
Repository

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

Lampiran 4g. Hasil Operasi Mesin pada jam 18.00-21.00

Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x <sub>1</sub> A	0.0000	3272.0000	0.0000
x <sub>2</sub> B	0.0000	3272.0000	0.0000
x <sub>3</sub> C	1.0000	3272.0000	3272.0000
x <sub>4</sub> D	1.0000	4050.0000	4050.0000
x <sub>5</sub> E	0.0000	4374.0000	0.0000
x <sub>6</sub> F	1.0000	4374.0000	4374.0000
x <sub>7</sub> G	1.0000	7128.0000	7128.0000
x <sub>8</sub> H	1.0000	8910.0000	8910.0000

Constraint	RHS	Slack(-)/Surplus(+)
1 ()	33739.0000	0.5010+
2 <>	34268.0000	0.0280-
UB-x <sub>1</sub> A	1.0000	1.0000-
UB-x <sub>2</sub> B	1.0000	1.0000-
UB-x <sub>3</sub> C	1.0000	0.0000-
UB-x <sub>4</sub> D	1.0000	0.0000-
UB-x <sub>5</sub> E	1.0000	1.0000-
UB-x <sub>6</sub> F	1.0000	0.0000-
UB-x <sub>7</sub> G	1.0000	0.0000-
UB-x <sub>8</sub> H	1.0000	0.0000-

75

OPERASI MESIN PADA JAM 21-24 MIN			
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***			
Current solution found at node 12 -- Nbr of nodes so far examined: 12			Obj value = 12182.00000
Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1 A	0.0000	3272.0000	0.0000
x2 B	0.0000	3272.0000	0.0000
x3 C	1.0000	3272.0000	3272.0000
x4 D	0.0000	4050.0000	0.0000
x5 E	0.0000	4374.0000	0.0000
x6 F	0.0000	4374.0000	0.0000
x7 G	0.0000	7128.0000	0.0000
x8 H	1.0000	8910.0000	8910.0000
More to come... Press PgDn/PgUp to scroll			
<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu			

OPERASI MESIN PADA JAM 21-24 MIN		
*** CURRENT BEST INTEGER SOLUTION ***		
Current solution found at node 12 -- Nbr of nodes so far examined: 12		Obj value = 12182.00000
Constraint	RHS	Slack(-)/Surplus(+)
1 <>	14864.0000	0.1760+
2 <>	15431.0000	0.3910-
UB-x1 A	1.0000	1.0000-
UB-x2 B	1.0000	1.0000-
UB-x3 C	1.0000	0.0000-
UB-x4 D	1.0000	1.0000-
UB-x5 E	1.0000	1.0000-
UB-x6 F	1.0000	1.0000-
UB-x7 G	1.0000	1.0000-
UB-x8 H	1.0000	0.0000-
<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Continue Execution <F7>Current Solution Menu		