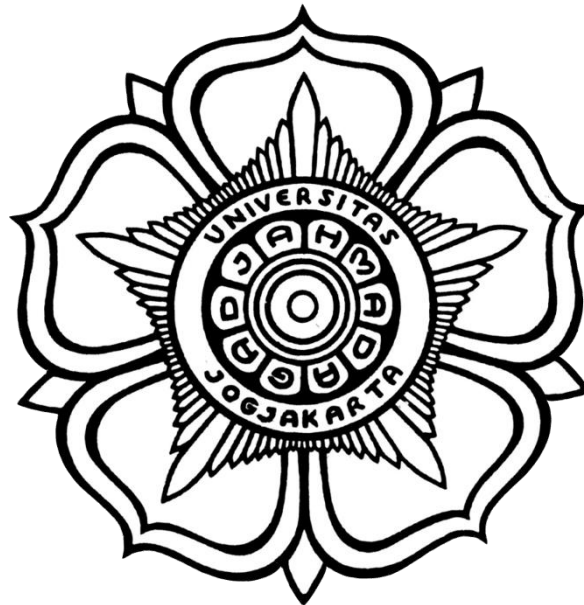


**LAPORAN KERJA PRAKTIK**

**ANALISIS METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DALAM OPTIMASI  
PEMBANGKITAN PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR**



Disusun oleh:

**IRFANDA HUSNI SAHID**

**15/380132/TK/43316**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DALAM OPTIMASI PEMBANGKITAN PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR

## LAPORAN KERJA PRAKTIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Program S-1  
Pada Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada

Disusun oleh:

**IRFANDA HUSNI SAHID**

**15/380132/TK/43316**

Telah disetujui dan disahkan  
pada tanggal 17 Mei 2019

Dosen Pembimbing Kerja Praktik

**Dr.Eng. F. Danang Wijaya, S.T., M.T.**

**NIP : 197402261998031003**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Kerja Praktik

Di

PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR

Dengan Judul

**ANALISIS METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DALAM OPTIMASI  
PEMBANGKITAN PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR**

Disusun Oleh:

Irfanda Husni Sahid 15/380132/TK/43316

Telah diperiksa pada tanggal:

.....

Mengetahui,

Pembimbing Lapangan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan kehendak-Nya, kami dapat menyelesaikan laporan Kerja Praktik dengan lancar. Secara khusus, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pegawai PT. Pupuk Kalimantan Timur yang telah membantu kami dalam pembuatan laporan ini.

Laporan ini kami susun sebagai pertanggungjawaban dari Kerja Praktik yang telah kami laksanakan di PT. Pupuk Kalimantan Timur pada tanggal 13 Januari – 20 Februari 2019. Kami berharap laporan ini dapat menjadi referensi yang baik dan dapat bermanfaat bagi pembaca ke depannya.

Ucapan terimakasih juga kepada pihak - pihak yang membantu secara tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu- satu, seperti:

1. Sarjiya S.T.,M.T.,Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
2. Dr.Eng. F. Danang Wijaya, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kerja praktik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
3. Bapak Nur Sahid selaku General Manager Umum.
4. Bapak Agus Purwadi selaku Manager Pemeliharaan Listrik.
5. Mas Afrisa Muamar selaku pembimbing lapangan.
6. Mas Jonathan selaku PIC Kerja Praktek.
7. Seluruh staff Departemen Pemeliharaan Listrik.
8. Mba Erna serta seluruh sraff Perencanaan dan Pengelolaan Energi.
9. Kedua orang tua yang telah banyak membantu selama melaksanakan kerja praktik.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, kritik dan saran yang sangat membangun dari pembaca masih kami harapkan dan semoga laporan kerja praktik ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 20 Februari 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I.....	9
PENDAHULUAN .....	9
1.1 Latar Belakang .....	9
1.2 Tujuan.....	11
1.3 Batasan Masalah.....	11
1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	12
1.5 Metode Penyusunan Laporan .....	12
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	13
BAB II.....	14
PROFIL PERUSAHAAN.....	14
2.1 Sejarah Perusahaan.....	14
2.2 Visi .....	20
2.3 Misi.....	20
2.4 Nilai dan Budaya Perusahaan.....	21
2.5 Lokasi Perusahaan.....	22
2.6 Logo Perusahaan .....	22
2.7 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur .....	23
2.8 Fasilitas Pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur .....	25
BAB III .....	33
DASAR TEORI .....	33
3.1 Sistem Tenaga Listrik PT Pupuk Kaltim.....	33
3.2 Karakteristik Beban.....	36
3.3 Kurva Beban Harian.....	36
3.4 <i>Economic Dispatch</i> .....	36
3.5 <i>Constraint</i> .....	37
3.6 Regresi Polinomial .....	38
3.7 Metode Particle Swarm Optimization .....	38

BAB IV .....	43
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1 Perhitungan Fungsi Konsumsi Bahan Bakar Generator .....	43
4.2 Penentuan Biaya Pembangkitan .....	47
4.3 Simulasi Optimasi Operasi Generator .....	48
BAB V .....	55
PENUTUP .....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Gedung Pusat PT Kalimantan Timur .....	14
Gambar 2 Pabrik Kaltim 2 .....	17
Gambar 3 Pabrik Kaltim 3 .....	17
Gambar 4 Pabrik Kaltim 1A .....	18
Gambar 5 Pabrik Kaltim 4 .....	18
Gambar 6 Pabrik Kaltim 5 .....	19
Gambar 7 Peta Lokasi Pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur .....	22
Gambar 8 Logo PT Pupuk Kalimantan Timur .....	22
Gambar 9 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur .....	23
Gambar 10 Konfigurasi Sistem Integrasi PT Pupuk Kalimantan Timur .....	34
Gambar 11 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-2 .....	45
Gambar 12 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-3 .....	45
Gambar 13 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-4 .....	45
Gambar 14 Fungsi konsumsi pembangkit STG-1 .....	46
Gambar 15 Fungsi konsumsi pembangkit STG-2 .....	46
Gambar 16 Fungsi biaya pembangkitan .....	47
Gambar 17 pola pembangkitan periode 1-31 Maret 2017 .....	49
Gambar 18 GUI sebelum iterasi dimulai .....	50
Gambar 19 GUI setelah dilakukan iterasi optimasi .....	50
Gambar 20 Grafik Perbandingan Biaya Pembangkitan .....	53
Gambar 21 Fungsi Biaya Pembangkitan Seluruh Unit Pembangkit PT Pupuk Kalimantan Timur .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Milestone Pupuk Kaltim .....	15
Tabel 2 Data Kapasitas Produksi PT Pupuk Kalimantan Timur per Tahun .....	19
Tabel 3 Kapasitas Produksi Pabrik NPK Pelangi & Organik .....	20
Tabel 4 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur.....	23
Tabel 5 Spesifikasi Kandungan Urea.....	28
Tabel 6 Pola Operasi Pembangkit Listrik .....	34
Tabel 7 Rating Pembangkit Tenaga Listrik .....	35
Tabel 8 Variasi Konsumsi Bahan Bakar STG 1 .....	43
Tabel 9 Variasi Konsumsi Bahan Bakar STG 2 .....	43
Tabel 10 Variasi Konsumsi Bahan Bakar GTG 2 dan GTG 3.....	44
Tabel 11 Variasi Konsumsi Bahan Bakar GTG 4.....	44
Tabel 12 Fungsi Konsumsi Hasil Regresi Kuadratis .....	46
Tabel 13 biaya bahan bakar generator .....	47
Tabel 14 Karakteristik Generator.....	48
Tabel 15 Operasi Harian Generator saat PT KDM TA.....	48
Tabel 16 Biaya Pembangkitan Operasi Normal.....	51
Tabel 17 Biaya Pembangkitan Operasi Setelah dioptimasi .....	52
Tabel 18 Rekapitulasi Biaya setelah Optimasi .....	53



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Mahasiswa merupakan elemen penting dalam dunia kehidupan di perguruan tinggi. Melalui bangku kuliah, mahasiswa mendapatkan bekal ilmu pengetahuan yang sesuai dengan bidang disiplin ilmu masing-masing. Ilmu pengetahuan yang kebanyakan berupa teori menjadi modal berharga dalam mempersiapkan diri memasuki jenjang dunia pekerjaan. Ketika memasuki dunia pekerjaan, teori menjadi landasan dasar dalam melakukan kegiatan di dunia perkantoran atau pabrik industri.

Penting bagi setiap mahasiswa khususnya mahasiswa fakultas teknik untuk mendapatkan pengalaman kerja sebelum bekerja langsung di dunia industri. Pengalaman kerja menjadi awal bagi mahasiswa fakultas teknik untuk menerapkan teori yang telah didapatkan dan mengetahui lapangan pekerjaan yang sesungguhnya. Berdasarkan hal di atas, maka Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (DTETI) Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada menjadikan Kerja Praktik (KP) sebagai salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh bagi setiap mahasiswa untuk memenuhi kriteria kelulusan.

Sinergisitas antara perguruan tinggi dan pekerjaan salah satunya terwujud dengan ketersediaan industri untuk memberikan ruang bagi mahasiswa untuk dapat melakukan KP di unit kerja terkait. KP yang dilakukan di lembaga atau industri merupakan pilihan dari setiap mahasiswa sesuai dengan kriteria dan minat. Topik yang dibahas selama KP diambil dari keadaan nyata yang terjadi di lapangan. Mahasiswa pun akan langsung terlibat dalam setiap topik yang dibahas. Setiap topik yang dibahas akan didampingi oleh 1 pendamping profesional. Pendamping yang dipilih merupakan pekerja yang telah memiliki kecakapan ilmu di bidangnya. Tugas dari pendamping akan mengarahkan sekaligus mengawasi setiap mahasiswa yang dibimbing.

Salah satu lokasi yang ideal bagi mahasiswa DTETI untuk melakukan KP adalah di PT Pupuk Kalimantan Timur yang merupakan Badan Usaha Milik Negara bergerak dibidang industri penghasil pupuk terbesar di Indonesia diantaranya Urea, Amoniak, NPK, dan pupuk organik. PT Pupuk Kalimantan Timur menjalankan operasi

bisnisnya dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pupuk domestik, baik untuk sektor tanaman pangan melalui distribusi pupuk bersubsidi dengan wilayah pemasaran meliputi seluruh kawasan timur Indonesia, maupun untuk sektor tanaman perkebunan dan industri untuk produk nonsubsidi yang pemasarannya ke seluruh wilayah Indonesia serta untuk kebutuhan ekspor. Tugas ini diberikan oleh Pemerintah dan PT Pupuk Indonesia (Persero) untuk memberikan kontribusi dalam mendukung ketahanan pangan nasional. PT Pupuk Kalimantan Timur juga menjual amoniak untuk kebutuhan industri dalam dan luar negeri.

Dalam menjalankan aktivitas bisnisnya sebagai industri penghasil pupuk, perusahaan menggunakan sistem tenaga listrik terintegrasi antar pabriknya, dimana perusahaan memiliki 7 unit pabrik yaitu Pabrik 1A, Pabrik 2, Pabrik 3, Pabrik 4, Pabrik 5, Pabrik 6 (Boiler Batubara), dan Pabrik 7 (NPK). Pabrik 2 sampai dengan Pabrik-5 terdiri dari tiga unit yaitu unit Utility, Unit Amoniak, dan Unit Urea. Pabrik 1A yang merupakan hasil transfer asset dari PT Kaltim Pasifik Amoniak hanya terdiri dari dua unit yaitu unit Amoniak dan Unit Urea. Seluruh beban listrik pabrik di-*supply* oleh sistem tenaga listrik masing-masing pabrik yang seluruhnya terdiri dari empat (*Gas Turbine Generator*) atau GTG dan empat (*Steam Turbine Generator*) atau STG, dimana semuanya terhubung dengan satu busbar bertipe cincin (*ring*) yang dikendalikan oleh PT Kaltim Daya Mandiri yang merupakan perusahaan utilitas di bawah Grup PT Pupuk Kalimantan Timur. Model integrasi kelistrikan yang digunakan adalah tegangan 33 kV dimana setiap pabrik akan bisa langsung terhubung dengan pabrik yang lainnya sekalipun terdapat pabrik yang bermasalah. Keuntungan dari hubungan langsung antara setiap pabrik adalah dimungkinkan adanya *import* dan *export* daya untuk menunjang keberlangsungan pabrik.

Pada operasi pembangkitan listrik dari setiap pabrik yang ada di PT Pupuk Kaltim, dimungkinkan adanya optimasi pembangkitan. Optimasi yang dimaksud adalah pengoperasian dengan proses pembagian beban total dari sistem eksisting kepada masing-masing pembangkit yang ada di PT Pupuk Kaltim. Pembagian beban diatur sedemikian rupa agar jumlah biaya pengoperasian menjadi seminimal mungkin. Semua pusat-pusat pembangkit dikontrol secara terus menerus sehingga pembangkitan tenaga listrik dilakukan dengan cara paling ekonomis.

Optimasi pembangkitan dapat dilakukan dengan berbagai metode, dalam hal ini digunakan metode *Particle Swarm Optimization* yang memiliki kemampuan

pembacaan pola grafik pembangkitan berdasar nilai paling minimum hasil dari perbandingan patikel yang disebar secara acak. Setelah didapat nilai pembangkitan paling minimum, maka dapat dilakukan *economic dispatching* pada unit-unit pembangkitan.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan laporan Kerja Praktik (KP) ini adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi salah satu beban Satuan Kredit Semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi.
2. Sebagai perbandingan antara ilmu yang didapatkan di bangku perkuliahan dengan ilmu yang didapat pada industri selama masa Kerja Praktik (KP).
3. Meningkatkan pengetahuan dan wawasan dibidang teknologi khususnya mengenai Perencanaan Operasi Sistem Tenaga Listrik.
4. Mengetahui penerapan dari ilmu ilmu yang telah didapatkan pada perkuliahan pada dunia kerja
5. Mengetahui penerapan *economic dispatch* dalam dunia industri khususnya PT Pupuk Kalimantan Timur.
6. Mengetahui faktor-faktor yang dapat dijadikan acuan dalam meminimalisir beban ekonomis industri dalam ketenagaan listrik.
7. Mengetahui optimasi pembangkitan dengan metode *Particle Swarm Optimization* menggunakan software pendukung MATLAB.
8. Membandingkan nilai ekonomis dari pembangkitan sebelum dilakukan *dispatching* dan setelah dilakukan.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari pembuatan laporan Kerja Praktik (KP) adalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas system integrase 33 kV di PT Pupuk Kalimantan Timur.
2. PT Kaltim Daya Mandiri dianggap TA (*Turn Around*).
3. Data yang digunakan sebagai bahan uji ialah data pembebanan dan pembangkitan listrik antara tahun 2016-2018.

4. Metode yang digunakan dalam *Economic Dispatching* adalah metode PSO (*Particle Swarm Optimizatio*).
5. Perbandingan beban biaya setelah dan sebelum *dispatching*.
6. *Software* yang digunakan dalam mengerjakan metode ini adalah Microsoft Excel dan MATLAB.

## 1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Kerja Praktik dilaksanakan di PT. Pupuk Kalimantan Timur pada tanggal 13 Januari – 20 Februari 2019.

## 1.5 Metode Penyusunan Laporan

Untuk memenuhi kebutuhan data dan informasi dalam penyusunan laporan kerja praktik ini, penulis menggunakan beberapa metode yaitu:

a. Praktek Langsung

Melakukan langsung proses perhitungan dan pengambilan data spesifikasi pembangkitan operasi pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur. Dalam pelaksanaan perhitungan dan pengambilan data penulis didampingi oleh pembimbing.

b. Wawancara

Dilakukan melalui tanya jawab, diskusi dan konsultasi dengan pembimbing lapangan, petugas bagian pemeliharaan listrik, pendidikan dan pelatihan, proses dan pengolahan energi, serta pihak PT Kaltim Daya Mandiri.

c. Studi Literatur

Penulis melakukan studi literatur terkait operasi sistem, optimasi pembangkit, serta upaya-upaya untuk mengurangi biaya operasi sistem tenaga listrik. Literatur yang dipakai oleh penulis berasal dari *resource* yang diberikan pembimbing maupun perpustakaan perusahaan, dan buku-buku perkuliahan serta berbagai referensi dari internet.

d. Simulasi *Software*

Melakukan perhitungan dan simulasi data dengan bantuan *software*. *Software* yang digunakan antara lain Microsoft Excel, dan MATLAB. *Software* ini digunakan untuk mengolah data untuk mendapatkan suatu keluaran yang diharapkan.

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, waktu dan tempat pelaksanaan, metode penyusunan laporan serta sistematika penulisan laporan kerja praktik ini.

### **BAB II PROFIL PERUSAHAAN**

Bab kedua menjelaskan secara umum PT. Pupuk Kalimantan Timur baik sejarah berdirinya serta visi–misi, lokasi, motto, dan produk unggulan.

### **BAB III DASAR TEORI**

Bagian ketiga menjelaskan dasar teori mengenai tipe tipe pembangkit secara umum, siklus kerja dari energi listrik, sistem tenaga listrik, karakteristik beban, dan optimasi pembangkitan dengan metode *Particle Swarm Optimization*.

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai proses perhitungan *economic dispatching* dengan metode *Particle Swarm Optimization* serta perbandingannya dengan tanpa proses optimasi.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari pembahasan yang diuraikan pada laporan kerja praktik ini.

## BAB II

### PROFIL PERUSAHAAN



*Gambar 1 Gedung Pusat PT Kalimantan Timur*

#### 2.1 Sejarah Perusahaan

Salah satu sektor pembangunan yang mendapatkan perhatian besar dari pemerintah adalah pertanian. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat Indonesia adalah petani dan dari sektor inilah kebutuhan masyarakat akan pangan dapat terpenuhi. Untuk itu, dibutuhkan pupuk untuk meningkatkan hasil – hasil pertanian dan untuk kebutuhan disektor industri lainnya.

Pupuk memegang peranan penting dalam peningkatan kualitas produksi hasil pertanian. Salah satu jenis pupuk yang banyak digunakan oleh petani adalah pupuk urea yang berfungsi sebagai sumber nitrogen bagi tanaman. Dalam peternakan, urea merupakan nutrisi makanan ternak yang dapat meningkatkan produksi susu dan daging. Selain itu, urea memiliki prospek yang cukup besar dalam bidang industri, antara lain sebagai bahan dalam pembuatan resin, produk - produk cetak, pelapis, perekat, bahan anti kusut dan pembantu pada pencelupan dipabrik tekstil. Oleh karena itu, kebutuhan urea semakin bertambah seiring berjalannya waktu.

PT Pupuk Kalimantan Timur adalah salah satu anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia (Persero) yang lahir untuk memenuhi kebutuhan pupuk yang semakin meningkat

seiring dengan tingginya perkembangan pertanian di Indonesia. PT Pupuk Kalimantan Timur merupakan perusahaan penghasil Urea dan Amoniak terbesar di Indonesia, dengan kapasitas produksi mencapai 3,43 juta ton Urea dan 2,765 juta ton Amoniak, 350 ribu ton NPK, dan 45 ribu ton pupuk organik per tahun.

Perusahaan ini resmi berdiri tanggal 7 Desember 1977 dan berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Pada mulanya proyek Pupuk Kaltim dikelola oleh Pertamina sebagai unit pabrik terapung dibawah pengawasan Direktorat Jendral Industri Kimia Dasar. Setelah pengkajian berbagai segi teknis dipindahkan ke daratan.

*Tabel 1 Milestone Pupuk Kaltim*

No.	Tanggal	Milestone
1.	7 Desember 1977	Berdirinya PT Pupuk Kalimantan Timur
2.	8 Januari 1979	Penandatanganan kontrak pembangunan Pabrik-1
3.	23 Maret 1982	Penandatanganan kontrak pembangunan Pabrik-2
4.	30 Desember 1983	Produksi pertama amoniak Pabrik-1
5.	2 Februari 1984	Pengapalan pertama amoniak ke PT Petrokimia Gresik
6.	24 Januari 1984	Ekspor pertama amoniak ke India
7.	15 April 1984	Produksi pertama pupuk urea Pabrik-1
8.	24 Juli 1984	Pengapalan pertama pupuk urea ke Surabaya
9.	28 Oktober 1984	Peresmian Pabrik-1 dan Pabrik-2 oleh Presiden
10.	28 November 1985	Penandatanganan kontrak pembangunan Pabrik-3
11.	4 April 1989	Peresmian Pabrik-3 oleh Presiden RI
12.	9 Oktober 1996	Penandatanganan kontrak pembangunan Pabrik POPKA
13.	23 Desember 1998	Penandatanganan kontrak pembangunan Pabrik-4
14.	18 Februari 1999	Produksi pertama urea granul Pabrik POPKA
15.	6 Juli 2000	Peresmian POPKA dan pemancangan pertama Pabrik-4
16.	3 Juli 2002	Peresmian pabrik urea Unit 5 (Pabrik-4) oleh Presiden RI



17.	11 Februari 2003	Penugasan PT Pupuk Kaltim untuk pendistribusian pupuk di kawasantimur Indonesia
18.	17 Mei 2008	Pemancangan perdana proyek pupuk NPK <i>Fuse Blending</i>
19.	21 Mei 2010	Pemancangan tiang pertama pembangunan <i>Boiler</i> Batu Bara
20.	29 Juli 2011	Pencanangan Program Gerakan Peningkatan Produksi Pangan Berbasis Korporasi (GP3K)
21.	13 Oktober 2011	Peluncuran pupuk urea bersubsidi berwarna/Urea Pink
22.	18 April 2012	Penandatanganan karung pupuk bersubsidi merk Pupuk Indonesia oleh Menteri BUMN
23.	25 Oktober 2012	Peresmian proyek pembangunan Kaltim-5 oleh Presiden
24.	13 Maret 2014	Pengambilalihan pabrik amoniak milik PT Kaltim Pasifik Amoniak (PT KPA) oleh PT Pupuk Kaltim
25.	31 Maret 2014	Bergabungnya pabrik POPKA dengan pabrik Ex-KPA menjadi Pabrik-1A
26.	19 November 2015	Peresmian pabrik-5 oleh Presiden RI

Saat ini PT Pupuk Kalimantan Timur mengoperasikan 7 unit pabrik yaitu Pabrik -1A, Pabrik 2, Pabrik 3, Pabrik 4, Pabrik5, Pabrik 6 (*Boiler* Batubara), dan Pabrik 7 (NPK). Pabrik 2 sampai dengan Pabrik-5 terdiri dari tiga unit yaitu unit *Utility*, Unit Amoniak, dan Unit Urea. Pabrik-1A yang merupakan hasil transfer asset dari PT Kaltim Pasifik Amoniak hanya terdiri dari dua unit yaitu unit Amoniak dan Unit Urea.

PT Pupuk Kalimantan Timur menjalankan operasi bisnisnya dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pupuk domestik, baik untuk sektor tanaman pangan melalui distribusi pupuk bersubsidi dengan wilayah pemasaran meliputi seluruh kawasan timur Indonesia, maupun untuk sektor tanaman perkebunan dan industri untuk produk non-subsidi yang pemasarannya ke seluruh wilayah Indonesia serta untuk kebutuhan ekspor. Tugas ini diberikan oleh Pemerintah dan PT Pupuk Indonesia (Persero) untuk memberikan kontribusi dalam



mendukung ketahanan pangan nasional. PT Pupuk Kalimantan Timur juga menjual amoniak untuk kebutuhan industri dalam dan luar negeri.

## **Pabrik 2**



*Gambar 2 Pabrik Kaltim 2*

Pada tahun 1982 dimulai pembangunan Pabrik-2 dengan kapasitas 1.500 Ton/hari amoniak dan 1.725 Ton/hari urea. MW Kellogg Cooperation sebagai kontraktor utama menandatangani kontrak pembangunan proyek pabrik tersebut bersama – sama dengan Toyo Menka Kaisha dan Kobe Steel dari Jepang pada tanggal 24 Maret 1982. Pembangunan pabrik ini selesai pada tanggal 29 Oktober 1984 dan mulai memproduksi secara komersial pada tanggal 1 April 1985. Proses yang digunakan adalah proses MW Kellogg untuk pembuatan amoniak dan proses Stamicarbon untuk urea. Dan peresmian Pabrik-2 dilaksanakan oleh Presiden RI yang pada masa itu dilaksanakan oleh Pak Suharto bersamaan dengan peresmian Pabrik-1, pada tanggal 28 Oktober 1984. Pada tahun 1999 dilaksanakan retrofit terhadap pabrik amoniak sehingga kapasitas produksi menjadi 1800 Ton/hari.

## **Pabrik 3**



*Gambar 3 Pabrik Kaltim 3*

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pupuk nasional yang semakin meningkat, mulai tahun 1987 diputuskan untuk mendirikan Pabrik-3 (dengan konsep hemat energi) dengan kapasitas 1.000 Ton/hari amoniak dan 1.725 Ton/hari untuk urea dengan pemancangan tiang pertama pada tanggal 19 Juni 1986 oleh Ir. Hartarto dan diresmikan oleh Presiden RI Soeharto. Pembangunan proyek tersebut dipercayakan kepada PT. Rekayasa Industri (Persero) sebagai kontraktor utama yang bekerja sama dengan Chiyoda Chemical Engineering & Contr. Co. dan

Toyo Menka Cooperation. Pabrik tersebut dilengkapi pula dengan sebuah unit recovery hidrogen yang mengolah flash gas dan purge gas Pabrik-1, Pabrik-2, dan Pabrik-3 yang disebut *Hydrogen Recovery Unit* (HRU) dari proses Constatin Petrocarbon dan ditempatkan di area Pabrik-2. Bila dioperasikan unit ini dapat memberi tambahan produksi amoniak Pabrik-3 sebesar 180 Ton/Hari. Adapun proses yang digunakan oleh Pabrik-3 adalah proses Haldoer Topsoe untuk amoniak dan proses Stamicarbon Stripping untuk urea. Pabrik-3 diresmikan pada tanggal 4 April 1989.

### **Pabrik 1A**



*Gambar 4 Pabrik Kaltim 1A*

Pabrik-1A awalnya terbentuk karena gabungan dua buah pabrik yaitu gabungan dari PT. Kaltim Pasifik Amoniak (PT. KPA) dan pabrik Proyek Optimasi Pupuk Kaltim (POPKA). Dimana pembentukan Pabrik-1A ini diawali dari ditandatangani proses “Transfer Asset Agreement” pada tanggal 13 Maret 2014 di Kantor Pupuk Indonesia (Persero), Jakarta. Oleh karenanya PT Pupuk Kalimantan Timur (PKT) secara resmi mengambil alih pengoperasian PT Kaltim Pasifik Amoniak (KPA) berupa pabrik amoniak berkapasitas 2000 Ton per hari dan fasilitas pendukungnya. Dengan pengambilalihan aset ini, maka kapasitas produksi PKT bertambah sebanyak 660 ribu Ton per tahun, sehingga total kapasitas produksi amoniak PKT menjadi 2,51 juta Ton per tahun.

### **Pabrik 4**



*Gambar 5 Pabrik Kaltim 4*

Proyek pembangunan Pabrik-4 ditangani oleh kontraktor utama PT. Rekayasa Industri dengan Mitsubishi Heavy Industries, Japan. Kapasitas produksi untuk amoniak adalah 330.000 Ton/tahun dan 570.000 Ton/tahun untuk urea. Unit urea Pabrik-4 diresmikan pada tanggal 3 Juli 2002 dan unit amoniak Pabrik-4 diresmikan oleh Presiden RI pada tanggal 31 Mei 2004. Sama seperti POPKA, Pabrik-4 pun memproduksi urea granul. Pabrik ini menggunakan proses Haldor Topsoe untuk amoniak dan Snamprogetti untuk urea.

### Pabrik 5



*Gambar 6 Pabrik Kaltim 5*

Pabrik-5 mulai dibangun pada tanggal 25 Oktober 2012 dan diresmikan oleh Presiden Joko Widodo pada tanggal 19 November 2015. Pabrik-5 dapat memproduksi urea 3.500 Ton/Hari atau 1,15 juta Ton/tahun dan memproduksi amoniak 2.500 Ton/Hari atau 850 ribu Ton/tahun. Pembangunan Pabrik-5 ini juga ditujukan untuk menggantikan produksi amoniak dan urea dari Pabrik-1 yang sudah tidak efisien lagi.

PT Pupuk Kalimantan Timur menjalankan operasi bisnisnya dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pupuk domestik, baik untuk sektor tanaman pangan melalui distribusi pupuk bersubsidi dengan wilayah pemasaran meliputi seluruh kawasan timur Indonesia, maupun untuk sektor tanaman perkebunan dan industri untuk produk nonsubsidi yang pemasarannya ke seluruh wilayah Indonesia serta untuk kebutuhan ekspor. Tugas ini diberikan oleh Pemerintah dan PT Pupuk Indonesia(Persero) untuk memberikan kontribusi dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Selain memasarkan urea, PT Pupuk Kalimantan Timur juga menjual amoniak untuk kebutuhan industri dalam dan luar negeri.

*Tabel 2 Data Kapasitas Produksi PT Pupuk Kalimantan Timur per Tahun*

Pabrik	Amoniak (Ton/th)	Urea (Ton/th)
Pabrik 1A	660.000	570.000
Pabrik 2	595.000	570.000

Pabrik 3	330.000	570.000
Pabrik 4	330.000	570.000
Pabrik 5	825.000	1.150.000
<b>Total Produksi</b>	<b>2.740.000</b>	<b>3.430.000</b>

Sejalan dengan perkembangan perusahaan dan dalam rangka ikut mendukung program ketahanan pangan nasional melalui penggunaan teknologi pemupukan berimbang, sejak tahun 2005 Pupuk Kaltim telah memproduksi pupuk majemuk dengan merk dagang NPK Pelangi yang mengandung unsur hara makro Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dan telah terbukti dapat meningkatkan produktivitas pertanian. Saat ini Pupuk Kaltim mengoperasikan pabrik NPK Blending dan 2 pabrik NPK Fuse.

1. Pabrik Pupuk NPK Blending, diproduksi dengan proses Bulk Blending, dengan tampilan produk berwarna merah, putih, hitam, dan keabu-abuan.
2. Pabrik Pupuk NPK Compound (Fuse), diproduksi dengan proses Steam Fusion Granulation, dengan tampilan produk berwarna coklat keabu-abuan.

*Tabel 3 Kapasitas Produksi Pabrik NPK Pelangi & Organik*

<b>Pabrik</b>	<b>Tahun Produksi</b>	<b>Kapasitas Produksi (Ton/Thn)</b>
NPK Blending	2005	150.000
NPK Fuse	2009	200.000
Organik	2010	3.000

## 2.2 Visi

“Menjadi Perusahaan di bidang industri pupuk, kimia dan agribisnis kelas dunia yang tumbuh dan berkelanjutan.”

## 2.3 Misi

- 1 Menjalankan bisnis produk-produk pupuk, kimia serta portofolio investasi di bidang kimia, agro, energi, trading, dan jasa pelayanan pabrik yang bersaing tinggi;
- 2 Mengoptimalkan nilai perusahaan melalui bisnis inti dan pengembangan bisnis baru yang dapat meningkatkan pendapatan dan menunjang Program Kedaulatan Pangan Nasional;

- 3 Mengoptimalkan utilisasi sumber daya di lingkungan sekitar maupun pasar global yang didukung oleh SDM yang berwawasan internasional dengan menerapkan teknologi terdepan;
- 4 Memberikan manfaat yang optimum bagi pemegang saham, karyawan dan masyarakat serta peduli pada lingkungan.

## 2.4 Nilai dan Budaya Perusahaan

Untuk mencapai Visi dan Misi Perusahaan, dibutuhkan budaya perusahaan ACTIVE yang secara terus-menerus disosialisasikan kepada karyawan. Budaya kerja tersebut meliputi :

- *Achievement Oriented*

Insan Pupuk Kaltim tangguh dan profesional dalam mencapai sasaran selalu berusaha mencapai keunggulan dalam mencapai nilai-nilai: **Profesional dan Tangguh**

- *Customer Focus*

Insan Pupuk Kaltim selalu berusaha memberikan pelayanan terbaik dan berkomitmen pada kepuasan pelanggan dengan menegakkan nilai-nilai : **Perhatian dan Komitmen**

- *Teamwork*

Insan Pupuk Kaltim harus menjalin sinergi dan bersatu dalam bekerja dengan mengutamakan nilai-nilai: **Sinergi dan Bersatu**

- *Integrity*

Insan Pupuk Kaltim menjunjung tinggi kejujuran dan bertanggung jawab dengan menjunjung nilai-nilai: **Jujur dan Tanggung Jawab**

- *Visionary*

Insan Pupuk Kaltim selalu berpikir jauh kedepan dan siap menghadapi perubahan dinamika usaha dengan memperhatikan nilai-nilai: **Inovatif dan Adaptif**

- *Environmentally Friendly*

Insan Pupuk Kaltim peduli terhadap lingkungan dan memberi manfaat bagi masyarakat luas untuk keberlanjutan perusahaan dengan memperhatikan nilai-nilai: **Peduli dan Berkelanjutan**

## 2.5 Lokasi Perusahaan



Gambar 7 Peta Lokasi Pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur

Lokasi pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur terletak di wilayah pantai kota Bontang, kira-kira 121 km sebelah utara Samarinda, Ibukota Provinsi Kalimantan Timur yang ditunjukkan pada Gambar 7. Secara geografis terletak pada  $0^{\circ}10'46,9''$  LU dan  $117^{\circ}29'30,6''$  BT. Pabrik tersebut terletak pada areal seluas 493 Ha. Lokasi perumahan dinas karyawan terletak sekitar 6 km sebelah barat pabrik seluas 765 Ha.

Dasar pertimbangan lokasi pabrik :

- 1) Lokasi dekat dengan sumber bahan baku berupa gas alam.
- 2) Lokasi dekat dengan pantai sehingga memudahkan pengangkutan.
- 3) Lokasi berada di tengah daerah pemasaran pupuk untuk ekspor maupun pemasaran dalam negeri.
- 4) Pemetaan *Zone Industry*.
- 5) Peluang untuk perluasan pabrik karena luasnya lahan yang dimiliki.

## 2.6 Logo Perusahaan



Gambar 8 Logo PT Pupuk Kalimantan Timur

Makna Logo :

1. Segilima, melambangkan Pancasila yang merupakan landasan ideal perusahaan.
2. Daun dan Buah melambangkan kesuburan dan kemakmuran.
3. Lingkaran putih kecil adalah letak lokasi kota Bontang dekat Khatulistiwa.
4. Tulisan PUPUK KALTIM melambangkan keterbukaan perusahaan memasuki era Globalisasi.

Makna Warna :





1. Warna Jingga : Melambangkan semangat sikap kreatifitas membangun dan sikap profesional dalam mencapai kesuksesan usaha
2. Warna Biru : Melambangkan keluasan wawasan Nusantara dan semangat integritas untuk membangun bersama serta kebijaksanaan dalam memanfaatkan sumber daya alam.

## 2.7 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur



Gambar 9 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur

Tabel 4 Produk-produk PT Pupuk Kalimantan Timur

<p><b>Urea Pupuk Indonesia</b></p>  <p>Urea Pupuk Indonesia adalah merek yang digunakan khusus untuk pupuk Urea Bersubsidi, berwarna merah muda (<i>pink</i>) dan diperuntukkan ke tanaman pangan</p>	<p><b>NPK Phonska Pupuk Indonesia</b></p>  <p>Phonska Pupuk Indonesia adalah merek yang digunakan untuk produk pupuk majemuk NPK (<i>Compound</i>) Bersubsidi, komposisi hara 15-15-15, berwarna merah muda dan diperuntukkan ke tanaman pangan</p>
<p><b>Urea Prill Daun Buah</b></p>	<p><b>NPK Pelangi</b></p>

 <p>Urea Prill Daun Buah adalah merek yang digunakan untuk pupuk Urea Prill Non Subsidi produksi Pupuk Kaltim, berwarna putih dengan ukuran butiran 1 – 3,35 mm.</p>	 <p>NPK Pelangi adalah merek yang digunakan untuk produk-produk Pupuk Majemuk NPK (<i>Blending</i>) Non Subsidi, tampilan pupuk berwarna-warni, diproduksi oleh Pupuk Kaltim dalam beberapa jenis komposisi unsur hara</p>
<p><b><u>Urea Granul Daun Buah</u></b></p>  <p>Urea Granul Daun Buah adalah merek yang digunakan untuk pupuk Urea Granul Non Subsidi produksi Pupuk Kaltim, berwarna putih dengan ukuran butiran 2 – 4,75 mm.</p>	<p><b><u>NPK Pelangi Agro</u></b></p>  <p>NPK Pelangi Agro adalah merek yang digunakan untuk produk-produk Pupuk Majemuk NPK (<i>Compound</i>), tampilan pupuk berwarna coklat.</p>

### **Pupuk Hayati Ecofert**



Adalah pupuk hayati berbahan aktif mikroba fiksasi/penambat nitrogen dan pelarut fosfat. ECOFERT merupakan pupuk hayati ramah lingkungan untuk tanaman pangan, hortikultura

dan perkebunan

### **Biotara**



Pupuk Hayati yang adaptif dengan tanah masam lahan rawa

Mampu meningkatkan produktivitas tanaman



**Biodex**

Biodekomposer yang dikembangkan di PT. Pupuk Kaltim dengan nama merk dagang “BIODEX” adalah bioaktivator perombak/pendegradasi bahan organik.

Formula biodekomposer Biodex dibuat dengan menggunakan bahan aktif mikroba unggul baru yang diisolasi dari berbagai sumber bahan yang mengandung lignin dan selulosa tinggi.

## 2.8 Fasilitas Pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur

Fasilitas pendukung Operasional pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur antara lain :

### **Pelabuhan**

PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki pelabuhan dengan 6 dermaga kapal, pelabuhan ini beroperasi dengan efisien dan dilengkapi dengan fasilitas *Urea Bulk Loading Area, Ammonia Loading Arm, Bunker PIT, Fire Hydrant*, dan tiga buah kapal muda. Pelabuhan yang dimiliki PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki kapasitas daya tampung kapal yang berbeda-beda, berikut adalah daya tampung pada setiap kapal:

- Dermaga-1: (*Construction Jetty*) untuk kapasitas kapal hingga 6000 DWT dengan maksimum kedalaman 5 meter.
- Dermaga-2: (*BSL Ext. Ammonia Jetty*) untuk kapasitas kapal hingga 40.000 DWT dengan maksimum kedalaman 12 meter.
- Dermaga-3: (*Quadrant Arm Loader*) untuk kapasitas kapal hingga 40.000 DWT dengan maksimum kedalaman 13 meter.
- Dermaga-4: (*Tursina Jetty*) untuk kapasitas kapal hingga 20.000 DWT dengan maksimum kedalaman 9 meter.
- *Coal Boiler Jetty* untuk kapal pengangkut batubara.

### **Jasa Pelayanan Pabrik**

Jasa Pelayanan pabrik awalnya didirikan oleh PT Pupuk Kalimantan Timur dengan nama Industri Pelayanan Pabrik yang bertujuan agar tidak terlalu bergantung pada pihak luar dalam hal pengadaan peralatan pabrik. Dengan membuat suku cadang

dan komponen mesin pabrik sendiri., biaya dapat diminimalkan dan tentunya kualitas dapat ditingkatkan, sehingga operasional pabrik dapat lebih efisien.

JPP atau Jasa Pelayanan Pabrik dilengkapi dengan unit produksi permesinan yang menggunakan mesin CNC, unit produksi *Foundary* dan pengecoran vakum, unit fabrikasi dan laboratorium metalurgi dan metrologi. Dengan desain lengkap, peralatan yang persisi dan dengan teknologi terkini yang terkomputerisasi, kapasitas produksi JPP dapat melebihi kebutuhan komponen dan suku cadang yang sesungguhnya untuk pabrik-pabrik yang dimiliki oleh PT Pupuk Kalimantan Timur.

### **Gudang dan Pengantongan**

Unit yang berfungsi menangani hasil produksi Urea dalam hal penyimpanan, pengantongan, dan pengapalan. Untuk unit pergudangan memiliki lima *Urea Bulk Storage* dengan kapasitas sebagai berikut:

- UBS 1 : 35.000 ton
- UBS 2 : 35.000 ton
- UBS 3 : 45.000 ton
- UBS 4 : 40.000 ton
- UBS 5 : 60.000 ton

Untuk unit Urea, pengantongan memiliki tiga unit gudang Urea kantong. Gudang Urea kantong 1 memiliki kapasitas 5.000 ton untuk Gudang Urea 2 memiliki kapasitas 3.000 ton dan gudang Urea kantong terbuka memiliki kapasitas 5.000 ton.

### **Laboratorium**

PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki 2 laboratorium, yaitu:

#### **1. Unit Usaha Laboratorium (UUL)**

UUL sebagai laboratorium pusat yang memiliki PT Pupuk Kalimantan Timur berfungsi sebagai uji mutu dan kualitas dari bahan baku, hasil produksi dan lingkungan UUL juga melayani jasa analisis dan kalibrasi bagi perusahaan-perusahaan di kawasan industri di Bontang.

#### **2. Laboratorium Proses**

Laboratorium Proses terdapat di setiap unit operasi pabrik PT Pupuk Kalimantan Timur. Berfungsi untuk mendukung kegiatan operasional dan menganalisa bahan-bahan proses dari pabrik utility, pabrik ammonia dan pabrik urea.

### **Pembangkit Listrik**

PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki 2 pembangkit yaitu :

1. STG : Steam Turbin Generator yang menggunakan uap panas yang dihasilkan oleh batu bara. Pada PT Pupuk Kalimantan Timur, STG yang dimiliki sebanyak 2 buah dengan masing-masing tenaga yang dihasilkan sebesar 30 MW.
2. GTG : Gas Turbin Generator yang menggunakan Gas Alam sebagai pembangkit.

### **Fasilitas Karyawan**

Fasilitas dan jaminan perusahaan PT Pupuk Kalimantan Timur yang diberikan kepada seluruh karyawan perusahaan dan anak perusahaan berupa :

1. Fasilitas Rumah Tinggal
2. Fasilitas Rumah Sakit
3. Fasilitas Tempat Ibadah
4. Fasilitas Olahraga
5. Fasilitas Perbelanjaan
6. Fasilitas Pendidikan : PAUD, TK, SD, SMP, SMA

### **Peningkatan Mutu dan Pengolahan Lingkungan**

PT Pupuk Kalimantan Timur berupaya meningkatkan mutu dan pengelolaan lingkungan. Hasil yang dicapai adalah keberhasilan meraih ISO 9002 pada tahun 1996, ISO 14001 pada tahun 1997, dan ISO 17025 pada tahun 2000. ISO 9002 adalah pengakuan di bidang sistem manajemen produksi dan instalasi, ISO 14001 pada bidang manajemen lingkungan dan ISO 17025 di bidang laboratorium uji mutu.

### **Spesifikasi Produk**

- **Ammonia**

- 1) Kandungan air : 0,1% wt (*max*)
- 2) Kandungan NH<sub>3</sub> : 99,9% wt(*min*)
- 3) Kandungan minyak : 5 ppm wt (*max*)
- 4) *Insoluble gas* : 500 ppm wt (*max*)
- 5) Temperatur : -33 °C (ke *storage*), 20-38 °C (ke urea)

- **Urea**

Tabel 5 Spesifikasi Kandungan Urea

No	Uraian	Satuan	Urea Prill	Urea Granull
1	Nitrogen Total	% wt (min)	46,30	46
2	Biuret	% wt (max)	1	1
3	Moisture	% wt (max)	0,3	0,5
4	Ukuran butiran	Mm	1-2	2-4
5	Fe	ppm wt (max)	0,1	1
6	NH <sub>3</sub> Free	ppm wt (max)	150	150

- **NPK**

1. Nitrogen : Sesuai formula
2. Fosfor sebagai P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Sesuai formula
3. Kalium sebagai K<sub>2</sub>O : Sesuai formula
4. Total N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> & K<sub>2</sub>O : Sesuai formula
5. Air : 3% wt (*max*)

### Pemasaran Hasil Produksi

- **Pemasaran pupuk urea**

Produk pupuk urea PT Pupuk Kalimantan Timur didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia bagian timur dan tengah yang meliputi daerah:

1. Jawa Timur
2. Bali
3. Kalimantan Timur
4. Kalimantan Tengah
5. Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Utara
6. NTB dan NTT
7. Maluku
8. Irian Jaya

Untuk pemasaran urea ke luar negeri yang dilayani oleh PT Pupuk Kalimantan Timur berdasarkan kuota dari PT. Pupuk Indonesia Holding meliputi:

1. Malaysia
2. Vietnam
3. Jepang
4. China
5. Srilanka
6. Philipina

- **Pemasaran amonnia**

Produk Amonia sebagian diekspor keluar negeri, antara lain:

1. Korea Selatan
2. India
3. Yordania
4. Tanzania
5. spanyol
6. Thailand
7. Malaysia
8. Jepang
9. Taiwan

### **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Keselamatan adalah salah satu aspek penting dalam operasional pabrik kimia. Kebanyakan masalah proses dan kerusakan peralatan dapat diatasi atau diperbaiki dimana penanganannya membutuhkan perhatian adalah antisipasi terhadap tingkat bahaya yang dapat mengancam keselamatan personal dan peralatan. Sikap dan perhatian para operator merupakan faktor penting untuk menjalankan pabrik dengan aman.

Usaha kesehatan dan keselamatan kerja di PT Pupuk Kalimantan Timur mempunyai sasaran umum dan khusus. Sasaran umum yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Perlindungan terhadap karyawan yang berada di tempat kerja agar selalu terjamin keselamatan dan kesehatannya sehingga dapat diwujudkan peningkatan produksi dan produktivitas kerja.
2. Perlindungan terhadap setiap orang yang berada di tempat kerja agar selalu dalam keadaan aman dan sehat.
3. Perlindungan terhadap bahan dan peralatan produksi agar dapat dipakai dan digunakan secara aman dan efisien.

Sedangkan secara khusus usaha keselamatan dan kesehatan kerja antara lain:

1. Mencegah dan atau mengurangi kecelakaan, kebakaran, peledakan dan penyakit akibat kerja.
2. Mengamankan mesin, instalasi, pesawat, alat kerja, bahan baku dan bahan hasil produksi
3. Menciptakan lingkungan dan tempat kerja yang aman, nyaman, sehat dan penyesuaian antara pekerjaan dan manusia dengan pekerjaan.
4. Menciptakan kondisi perusahaan sesuai dengan standar ISO 14001

Secara khusus setiap karyawan dan tamu yang akan memasuki kawasan pabrik harus melewati prosedur sebagai:

1. Mengikuti Pengisian Data Pribadi dan Evaluasi (PDPE) yang dilaksanakan oleh Departemen KAMTIB
2. Mengikuti pengarahan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang diselenggarakan oleh Biro K3LH.
3. Memiliki Badge dengan warna merah untuk lingkungan pabrik yang dikeluarkan oleh departemen KAMTIB.
4. Menggunakan kelengkapan keselamatan, yaitu *safety shoes*, helm, *earplug*, dan *earmuff* untuk tingkat kebisingan > 90 db (khusus di kawasan compressor house).

### **Penanganan Limbah**

Salah satu kegiatan lingkungan yang dilakukan adalah melaksanakan Sistem Manajemen ISO 14001 / 9002, yang diaudit secara internal dan eksternal untuk mendapatkan cara yang lebih baik lagi untuk mengontrol bahan pencemar. Kegiatan lainnya meliputi monitoring rutin agar tidak ada bahan pencemar yang mengalir ke laut. Hasil dari monitoring kehidupan laut di perairan Pupuk Kaltim menunjukkan

hasil tetap sama dengan keadaan sebelumnya. Monitoring terhadap gas buangan juga dilakukan untuk menjaga standar kualitas yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup. Monitoring bulanan terhadap polusi suara juga dilakukan untuk mencapai batas toleransi.

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi ammonia dan urea adalah:

1. Limbah Cair

Buangan tersebut berasal dari :

- a. Unit utility yang berupa air yang tidak terkontaminasi dan yang terkontaminasi
- b. Pabrik ammonia dan urea yang berupa air terkontaminasi
- c. Mesin – mesin dan penampang pelumas yang berupa air dengan kandungan minyak sangat tinggi

Pengolahan air buangan dilakukan dalam sebuah bak yang disebut *Neutralization Pond*. Air buangan tersebut berupa larutan regeneran dan regenerasi resin penukar ion, buangan benfield, buangan dari penampungan asam dan basa serta dari buangan unit ammonia dan urea dengan kandungan  $\text{CO}_2$  yang tinggi. Pengolahan dilakukan dengan penambahan asam dan basa untuk netralisasi.

Kondensat–kondensat air dari berbagai proses kondensasi, absorpsi atau *scrubbing* mengandung sejumlah urea, ammonia dan karbon dioksida terlarut. Kondensat–kondensat tersebut mengalir turun melalui kaki barometric dan dikumpulkan dalam tanki air ammonia. Ammonia dan  $\text{CO}_2$  terlarut dalam air tersebut dikeluarkan dengan proses desorpsi. Ureahidrolisa terlebih dulu agar menjadi ammonia dan  $\text{CO}_2$ .

Air dari tanki air–ammonia setelah mengalami pemindahan panas (pemanasan) dimasukkan ke kolom desorpsi. Dalam kolom ini bertemu langsung dengan aliran gas/uap dari hasil hidrolisa dan desorpsi tahap kedua. Aliran gas membawa  $\text{NH}_3$  yang terlarut, sejumlah air keluar kolom desorpsi dan mengalir ke kondensor karbamat tekanan rendah untuk selanjutnya mengikuti proses daur ulang.

Hidrolisa berlangsung pada tekanan 17  $\text{kg/cm}^2$  abs dan dipanasi dengan steam tekanan tinggi. Uap/gas dari hidrolisa diteruskan untuk desorpsi pada

kolom ke satu. Air yang keluar dari kolom hidrolisa diekspansikan dalam pemindah panas untuk diteruskan ke kolom desorpsi ke dua.

Pada kolom desorpsi kedua, ammonia dan  $\text{CO}_2$  sisa yang terbentuk pada hidrolisa dikeluarkan dengan menggunakan steam tekanan rendah. Uap atau gas yang keluar dari kolom ini diumpankan ke kolom desorpsi pertama. Air yang telah dibebaskan dari zat terlarut (dari desorpsi ke dua) dilewatkan pemindah panas untuk memanaskan air-ammonia yang masuk ke kolom desorpsi pertama dan seterusnya didinginkan. Air yang diperoleh diharapkan hanya mengandung 100 ppm urea dan 50 ppm ammonia.

## 2. Limbah Gas

Berupa gas  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari proses kondensasi pada *Condensate Stripper* di pabrik ammonia. Limbah ini dimanfaatkan kembali untuk meningkatkan efisiensi bahan baku dan mengurangi pencemaran lingkungan. Sedangkan limbah gas  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  dan sedikit  $\text{H}_2$  yang keluar dari HP *Scrubber* dibuang ke lingkungan karena telah memenuhi baku mutu lingkungan.

## 3. Limbah Padat

Debu urea yang lolos ke atmosfer dari sistem *dust chamber* pada unit *prilling tower* diminimalisir dengan menghembuskan kembali ke *prilling tower* dengan *ejector*.



## BAB III

### DASAR TEORI

#### 3.1 Sistem Tenaga Listrik PT Pupuk Kaltim

Sistem tenaga listrik PT Pupuk Kalimantan Timur menggunakan sistem distribusi tipe *ring (loop)*, dengan model *loop* tertutup. Sistem ini menghubungkan daya listrik dari sistem tenaga listrik masing-masing pabrik yaitu, Pabrik Kaltim-2, Pabrik Kaltim-3, Pabrik Kaltim-4, Pabrik Kaltim-5, Pabrik Kaltim-1A, Pabrik Kaltim-6, dan KDM ( Kaltim Daya Mandiri ). Dengan sistem integrasi tenaga listrik menghasilkan keandalan sistem tenaga listrik yang baik serta kontinuitas penyaluran daya tidak terganggu. Jika salah satu generator trip maka suplai daya listrik dapat dibagi antar generator-generator masing-masing pabrik yang terhubung ke sistem integrasi tenaga listrik yang lain dengan disertai pelepasan beban-beban besar, kondisi ini dikenal dengan *load shedding*. Sistem integrasi digunakan beroperasi pada tegangan 33 kV. Besar tegangan ini berdasarkan perhitungan berikut :

- Asumsi dalam *range* 33 kV mengalir beban sebesar 65 MVA
- Kemampuan *busbar* 1200 A
- Tegangan sistem dapat ditentukan berikut:

$$65 \text{ MVA} = \sqrt{3} \cdot V_{l-l} \cdot I$$

$$65 \text{ MVA} = \sqrt{3} \cdot V_{l-l} \cdot 1200 \text{ A}$$

$$V_{l-l} = 31.3 \text{ kV} \approx 33 \text{ kV}$$

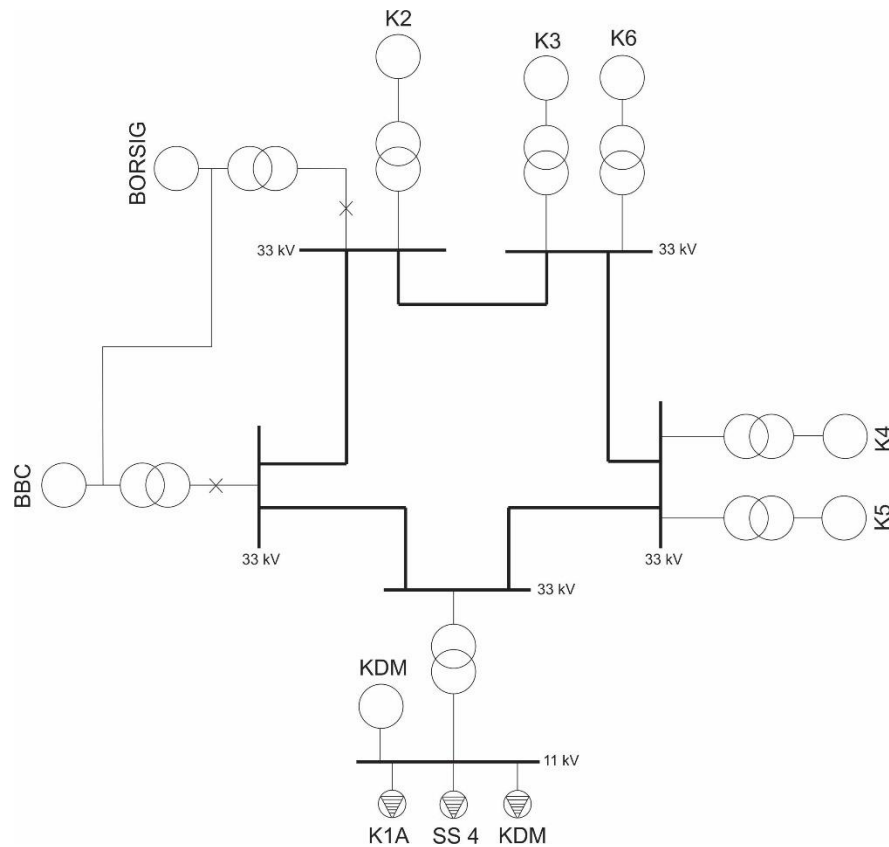
Sistem integrasi tenaga listrik memiliki keuntungan berikut :

1. *Spinning reserve* (sisa daya) lebih besar
2. Keandalan lebih baik
3. Mampu berbagi/transfer daya antar unit
4. Kontinuitas dan kualitas pelayanan lebih baik
5. Kemudahan dalam operasi dan pemeliharaan

Pada sistem integrasi, seluruh tegangan masing-masing operasi dinaikkan/disinkronkan menjadi 33 kV menggunakan *transformator step up*.

Sistem 33 kV ini selanjutnya masuk ke GIS ( *Gas Insulation Substation* ) dan diturunkan kembali menjadi 11 kV dan 6.6 kV menggunakan *transformator step down*

kemudian didistribusikan ke beban-beban. Konfigurasi sistem integrasi ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 10 Konfigurasi Sistem Integrasi PT Pupuk Kalimantan Timur

### • Pola Operasi Pembangkitan Listrik

Dalam sistem operasi sistem tenaga listrik, diperlukan pengaturan pola pembangkitan untuk memberikan suplai listrik ke beban dan untuk keandalan perlu dipertimbangkan besarnya *spinning reserve*. Dengan adanya *spinning reserve* diharapkan dapat memberikan kontinuitas suplai listrik untuk melayani beban ketika terjadi gangguan atau pemeliharaan yang mewajibkan salah satu pembangkit trip.

Tabel 6 Pola Operasi Pembangkit Listrik

Unit	Pembangkitan		
	Tegangan (kV)	Kapasitas (MW)	Daya Operasi (MW)
Pabrik 2	11	30	23
Pabrik 3	11	30	23

Pabrik 4	11	20	18.5
Pabrik 5	11	30	20
Pabrik 6	11	30	20
Total		140	104.5

- **Pembangkit Tenaga Listrik**

PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki lima unit pembangkit listrik utama dan tujuh unit pembangkit listrik *emergency*. Pada setiap unit pembangkit terdapat generator sebagai perubah/konversi energi kinetik menjadi energi listrik. Energi kinetik dihasilkan dari putaran turbin yang digerakkan menggunakan tenaga dari steam maupun pembakaran gas bertekanan tinggi. *Steam Turbine Generator* (STG) sebagai unit yang menggunakan tenaga uap dan *Gas Turbine Generator* (GTG) sebagai unit yang menggunakan tenaga gas. Untuk *Emergency Diesel Generator* (EDG) menggunakan BBM sebagai bahan bakar utama.

Tabel 7 Rating Pembangkit Tenaga Listrik

Pabrik	Unit	Kapasitas (MW)	Rating		Kecepatan Putar (rpm)	Keterangan
			Tegangan (kV)	Arus (A)		
Pabrik 2	GE	30	11	2.380	5.100	GTG
	Yanmar	0,8	0,5	1.100	1.500	EDG
Pabrik 3	Alshtom	30	11	2.500	5.135	GTG
	Mitsubishi	0,8	0,5	1.100	1.500	EDG
Pabrik 1A	Caterpillar	0,9	0,5	1.264	1.500	EDG
Pabrik 4	GE	20	11	1.418	5.100	GTG
	Mitsubishi	0,8	0,5	1.100	1.500	EDG
Pabrik 5	ABB	30	11	1.968	5.600	STG
	Caterpillar	2,1	0,5	2.900	1.500	EDG
Pabrik 6	ABB	30	11	1.968	5.600	STG
	Caterpillar	2 x 1,5	0,5	1.150	1500	EDG

### 3.2 Karakteristik Beban

Kebutuhan daya listrik selalu berubah setiap periode waktu yang bergantung pada keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi, rencana pengembangannya dalam waktu dekat dan waktu yang akan datang. Dikarenakan kebutuhan daya listrik terus berubah sepanjang waktu, maka untuk mempertahankan agar frekuensi tetap menjadi 50 Hz, maka daya yang dibangkitkan di unit pembangkit harus diubah-ubah sepanjang waktu untuk menyesuaikan daya listrik pada pihak konsumen.

Jika terjadi ketidakseimbangan antara daya pembangkit dan beban konsumen, maka akan menyebabkan terjadi perubahan pada frekuensi listrik. Misalnya, jika pembangkitan daya lebih besar daripada kebutuhan daya, maka frekuensi sistem akan naik. Begitu juga sebaliknya, jika pembangkitan daya lebih kecil daripada kebutuhan daya, maka frekuensi akan mengalami penurunan. Untuk itu dibutuhkan perkiraan beban yang akan digunakan untuk melakukan optimasi pembangkitan sehingga dihasilkan pengaturan pembangkitan tenaga listrik yang berubah-ubah untuk mengikuti perubahan kebutuhan daya dari konsumen.

### 3.3 Kurva Beban Harian

Kurva beban harian menggambarkan besarnya beban atau daya per satuan waktu. Sumbu vertikalnya menunjukkan besarnya beban dalam satuan Megawatt (MW) atau Kilowatt (kW), sedangkan pada bagian sumbu horizontal menunjukkan waktu per satuan jam. Kurva beban dapat menampilkan informasi penggunaan beban dalam periode waktu tahunan, bulanan, dan harian.

### 3.4 *Economic Dispatch*

*Economic dispatch* adalah pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimum atau dengan kata lain untuk mencari nilai optimum dari output daya dari kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan. Secara umum fungsi biaya dari tiap pembangkit dapat diformulasikan secara matematis sebagai suatu fungsi obyektif seperti yang diberikan pada persamaan berikut :

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N$$

$$= \sum_{i=1}^N F_i(P_i)$$

$$\phi = 0 = P_{\text{load}} - \sum_{i=1}^N P_i$$

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2$$

Dimana :

- $F_T$  = Total biaya pembangkitan (Rp).
- $F_i(P_i)$  = Fungsi biaya input-output dari pembangkit  $i$  (Rp/jam).
- $a_i, b_i, c_i$  = Koefisien biaya dari pembangkit  $i$ .
- $P_i$  = Output pembangkit  $i$  (MW).
- $N$  = Jumlah unit pembangkit.
- $i$  = Indeks dari dispatchable unit.

### 3.5 Constraint

Dalam melakukan penjadwalan pembagian beban seperti telah disebutkan pada *Economic dispatch* diatas, diperlukan batasan-batasan atau kekangan yang perlu diperhatikan dalam pembagian pembebanan tersebut. Beberapa *constraint* yang umumnya digunakan pada penjadwalan pembebanan adalah :

- *Generator Fuel Cost*

Tujuan utama dari *Economic dispatch* adalah mendapatkan biaya operasi minimal dengan tetap memperhatikan kekangan yang terdapat pada sistem. Fungsi biaya operasi yang digunakan adalah fungsi biaya operasi kuadratis seperti pada penjelasan sebelumnya di sub bab *Economic dispatch*.

- *Demand Constraint*

*Demand constraint* adalah kekangan permintaan daya konsumen yang harus dibangkitkan oleh sistem.

- *Generator Limit Constraint*

*Generator limit* adalah batasan maksimum dan minimum daya yang boleh dibangkitkan oleh generator. Masing-masing generator memiliki batasan yang berbeda-beda. Persamaan matematis pemenuhan constraint ini adalah:

$$P_i^{min} \leq P_i \leq P_i^{max}$$

### 3.6 Regresi Polinomial

Regresi Polynomial digunakan untuk menentukan fungsi polynomial yang paling sesuai dengan kumpulan titik data  $(x_n, y_n)$  yang diketahui. Regresi ini digunakan untuk menentukan fungsi pembiayaan pada *Economic dispatch* sehingga akan diperoleh fungsi biaya. Regresi polynomial yang digunakan sebatas polynomial dengan derajat dua atau biasa disebut regresi kuadratir. Regresi kuadratis yang didapat dari hasil olahan data pembiayaan dan konsumsi serta produksi daya.

Regresi kuadratis merupakan proses mencari persamaan parabola yang paling mendekati sejumlah data, Sebagai hasilnya, akan didapatkan bentuk,

$$y = a + b x + c x^2$$

Dimana,  $y$  = Konsumsi bahan bakar (mmbtu)

$x$  = Output pembangkitan (KWh)

Dari analisis regresi akan didapatkan nilai dari  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  untuk tiap generator. Salah satu cara untuk mendapatkan persamaan regresi adalah dengan menggunakan *least square method* dengan persamaan matriks sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} \sum x_i^4 & \sum x_i^3 & \sum x_i^2 \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^2 & \sum x_i \\ \sum x_i^2 & \sum x_i & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum y_i \end{bmatrix}$$

### 3.7 Metode Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) diperkenalkan oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy pada tahun 1995, merupakan algoritma optimasi yang meniru proses yang terjadi dalam kehidupan populasi burung (flock of bird) dan ikan (school of fish) dalam bertahan hidup. Sejak diperkenalkan pertama kali, algoritma PSO berkembang cukup pesat, baik dari sisi aplikasi maupun dari sisi pengembangan metode yang digunakan

pada algoritma tersebut (Haupt, R.L. & Haupt, S.E. 2004). Oleh sebab hal tersebut, mereka mengategorikan algoritma sebagai bagian dari kehidupan rekayasa/buatan Artificial Life. Algoritma ini juga terhubung dengan komputasi evolusioner, algoritma genetika dan pemrograman evolusioner (Jatmiko et al. 2010).

Dalam Particle Swarm Optimization (PSO), kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu dengan setiap partikel posisi awalnya terletak disuatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik yaitu posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang atau space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi terbaiknya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Particle Swarm Optimization (PSO) adalah salah satu dari teknik komputasi evolusioner, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi yang random yang disebut dengan particle. Berbeda dengan teknik komputasi evolusioner lainnya, setiap particle di dalam PSO juga berhubungan dengan suatu velocity. Partikel-partikel tersebut bergerak melalui penelusuran ruang dengan velocity yang dinamis yang disesuaikan menurut perilaku historisnya. Oleh karena itu, partikel-partikel mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke area penelusuran yang lebih baik setelah melewati proses penelusuran. Particle Swarm Optimization (PSO) mempunyai kesamaan dengan genetic algorithm yang mana dimulai dengan suatu populasi yang random dalam bentuk matriks. Namun PSO tidak memiliki operator evolusi yaitu crossover dan mutasi seperti yang ada pada genetic algorithm. Baris pada matriks disebut particle atau dalam genetic algorithm sebagai kromosom yang terdiri dari nilai suatu variable. Setiap particle berpindah dari posisinya semula ke posisi yang lebih baik dengan suatu *velocity*.

Pada algoritma PSO vektor velocity di update untuk masing-masing partikel kemudian menjumlahkan vektor velocity tersebut ke posisi particle. Update velocity dipengaruhi oleh kedua solusi yaitu global best yang berhubungan dengan biaya yang paling rendah yang pernah diperoleh dari suatu particle dan solusi local best yang berhubungan dengan biaya yang paling rendah pada populasi awal. Jika solusi local best mempunyai suatu biaya yang kurang dari biaya solusi global yang ada, maka solusi local best menggantikan solusi global best. Kesederhanaan algoritma dan

performansinya yang baik, menjadikan PSO telah menarik banyak perhatian di kalangan para peneliti dan telah diaplikasikan dalam berbagai persoalan optimasi. PSO telah populer menjadi optimasi global dengan sebagian besar permasalahan dapat diselesaikan dengan baik di mana variabel-variabelnya adalah bilangan riil. Menurut Wati (2011), beberapa istilah umum yang biasa digunakan dalam Particle Swarm Optimization dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Swarm : populasi dari suatu algoritma.
2. Particle : anggota (individu) pada suatu swarm. Setiap particle merepresentasikan suatu solusi yang potensial pada permasalahan yang diselesaikan. Posisi dari suatu particle adalah ditentukan oleh representasi solusi saat itu.
3. Pbest (Personal best) : posisi Pbest suatu particle yang menunjukkan posisi particle yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
4. Gbest (Global best) : posisi terbaik particle pada swarm atau posisi terbaik diantara Pbest yang ada
5. Velocity ( $v$ ) : vektor yang menggerakkan proses optimasi yang menentukan arah di mana suatu particle diperlukan untuk berpindah (move) untuk memperbaiki posisinya semula atau kecepatan yang menggerakkan proses optimasi yang menentukan arah dimana particle diperlukan untuk berpindah dan memperbaiki posisinya semula.
6. Inertia weight ( $\theta$ ): inertia weight di simbolkan  $w$ , parameter ini digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya velocity yang diberikan oleh suatu particle.
7. Learning Rates ( $c1$  dan  $c2$ ) : suatu konstanta untuk menilai kemampuan particle ( $c1$ ) dan kemampuan sosial swarm ( $c2$ ) yang menunjukkan bobot dari particle terhadap memorinya.

Posisi dari tiap partikel dapat dianggap sebagai calon solusi (candidate solution) bagi suatu masalah optimasi. Tiap-tiap partikel diberi suatu fungsi fitness merancang sesuai dengan menunjuk masalah yang yang bersesuaian. Ketika masing-masing partikel bergerak ke suatu posisi baru didalam ruang pencarian, itu akan mengingat sebagai personal best (Pbest). Sebagai tambahan terhadap ingatan informasi sendiri, masing-masing partikel akan juga menukar informasi dengan partikel yang lain dan mengingat global best (Gbest). Kemudian masing-masing partikel akan meninjau



kembali arah dan percepatannya sesuai dengan Pbest dan Gbest untuk bergerak ke arah yang optimal dan menemukan solusi yang optimal. Dengan keuntungan dari aplikasi yang mudah dan sederhana, lebih sedikit parameter yang diperlukan, dan hasil yang baik, PSO telah diadopsi didalam banyak bidang, seperti TSP, flowshop, VRP, task-resource assignment, penjadwalan khusus dan lain lain. Sebab itu PSO telah pula diterapkan dalam membentuk penjadwalan yang optimal untuk university courses. Seperti halnya dengan algoritma evolusioner yang lain, algoritma PSO adalah sebuah populasi yang didasarkan penelusuran inisialisasi partikel secara random dan adanya interaksi diantara partikel dalam populasi. Di dalam PSO setiap partikel bergerak melalui ruang solusi dan mempunyai kemampuan untuk mengingat posisi terbaik sebelumnya dan dapat bertahan dari generasi ke generasi. Menurut Kennedy & Eberhart (1995) Algoritma PSO dikembangkan dengan berdasarkan pada model berikut:

1. Ketika seekor burung mendekati target atau makanan (atau bisa minimum atau maximum suatu fungsi tujuan) secara cepat mengirim informasi kepada burung-burung yang lain dalam kawanan tertentu.
2. Burung yang lain akan mengikuti arah menuju ke makanan tetapi tidak secara langsung.
3. Ada komponen yang tergantung pada pikiran setiap burung, yaitu memorinya tentang apa yang sudah dilewati pada waktu sebelumnya.

Menurut Bai (2010) keuntungan dari Algoritma PSO adalah:

1. PSO berdasar pada kecerdasan (intelligence). Ini dapat diterapkan ke dalam kedua penggunaan dalam bidang teknik dan riset ilmiah.
2. PSO tidak punya overlap dan kalkulasi mutasi. Pencarian dapat dilakukan oleh kecepatan dari partikel. Selama pengembangan beberapa generasi, kebanyakan hanya partikel yang optimis yang dapat mengirim informasi kepartikel yang lain, dan kecepatan dari pencarian adalah sangat cepat.
3. Perhitungan didalam Algoritma PSO sangat sederhana, menggunakan kemampuan optimasi yang lebih besar dan dapat diselesaikan dengan mudah.
4. PSO memakai kode/jumlah yang riil, dan itu diputuskan langsung dengan solusi, dan jumlah dimensi tetap sama dengan solusi yang ada.

Lebih lanjut Bai (2010) menjelaskan beberapa kerugian dari Algoritma PSO adalah:

1. Metode mudah mendapatkan optimal parsial (sebagian), yang mana menyebabkan semakin sedikit ketepatannya untuk peraturan tentang arah dan kecepatan.
2. Metode tidak bisa berkembang dari permasalahan sistem yang tidak terkoordinir, seperti solusi dalam bidang energi dan peraturan yang tidak menentu didalam bidang energy.

Model Algoritma PSO ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain. Hal ini disebabkan, PSO merupakan algoritma optimasi yang mudah dipahami, cukup sederhana, dan memiliki unjuk kerja yang sudah terbukti handal. Algoritma PSO dapat digunakan pada berbagai masalah optimasi baik kontinyu maupun diskrit, linier maupun nonlinier. PSO memodelkan aktivitas pencarian solusi terbaik dalam suatu ruang solusi sebagai aktivitas terbangnya kelompok partikel dalam suatu ruang solusi tersebut. Dengan demikian, awal penelusuran pada algoritma PSO dilakukan dengan populasi yang random (acak) yang disebut dengan partikel dan jika suatu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju sumber makanan, maka sisa kelompok yang lain juga akan segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut. Posisi partikel dalam ruang solusi tersebut merupakan kandidat solusi yang berisi variabel-variabel optimasi. Setiap posisi tersebut akan dikaitkan dengan sebuah nilai yang disebut nilai objektif atau nilai fitness yang dihitung berdasarkan fungsi objektif dari masalah optimasi yang akan diselesaikan.

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perhitungan Fungsi Konsumsi Bahan Bakar Generator

Pada perhitungan optimasi pembangkitan diperlukan fungsi daya terhadap biaya di setiap unit pembangkit untuk dapat dilakukan perhitungan matematis berdasar fungsi tersebut. Dalam kasus ini digunakan fungsi konsumsi bahan bakar terlebih dahulu, yaitu mmbtu sebagai variabel universal yang kemudian dikalikan harga mmbtu itu sendiri. Untuk mendapatkan fungsi konsumsi bahan bakar dari masing-masing generator, data yang dibutuhkan adalah variasi dari konsumsi bahan bakar generator terhadap keluaran dari generator. Data yang digunakan didapatkan dari Departemen Proses dan Pengelolaan Energi PT Pupuk Kalimantan Timur sebagai berikut,

*Tabel 8 Variasi Konsumsi Bahan Bakar STG 1*

STG-1						
Rate (%)	Sea Water (mmbtu)	Steam 80 K (mmbtu)	Steam 40 K (mmbtu)	Cooling Water (mmbtu)	Steam Consumed (mmbtu)	Produksi Listrik (KWh)
30%	327,94618	3685,25643	13,2198571	81,1824	4107,604868	213569,9
40%	402,01923	4355,08423	114,417571	23,36773	4894,888759	288976,0054
50%	200,99615	4523,69066	7,74957143	13,23872	4745,675097	362249,56
60%	269,94166	3890,83949	6,28069841	13,99561	4181,057459	432668,2
69%	358,68463	5269,77148	6,28069841	20,94841	5655,685212	500041,31
75%	406,37033	5373,16603	6,12874603	21,11559	5806,780691	537072,53

*Tabel 9 Variasi Konsumsi Bahan Bakar STG 2*

STG-2						
Rate (%)	Sea Water (mmbtu)	Steam 80 K (mmbtu)	Steam 40 K (mmbtu)	Cooling Water (mmbtu)	Steam Consumed (mmbtu)	Produksi Listrik (KWh)
30%	327,94618	3685,25643	13,2198571	81,1824	4026,422466	213569,9
40%	348,81645	4789,96652	11,6496825	56,09373	5150,432649	290082,57
50%	200,99615	4523,69066	7,74957143	13,23872	4732,436381	362249,56

<b>60%</b>	269,94166	3890,83949	6,28069841	13,99561	4167,061854	432668,2
<b>69%</b>	358,68463	5269,77148	6,28069841	20,94841	5634,736806	500041,31
<b>75%</b>	406,37033	5373,16603	6,12874603	21,11559	5785,665106	537072,53

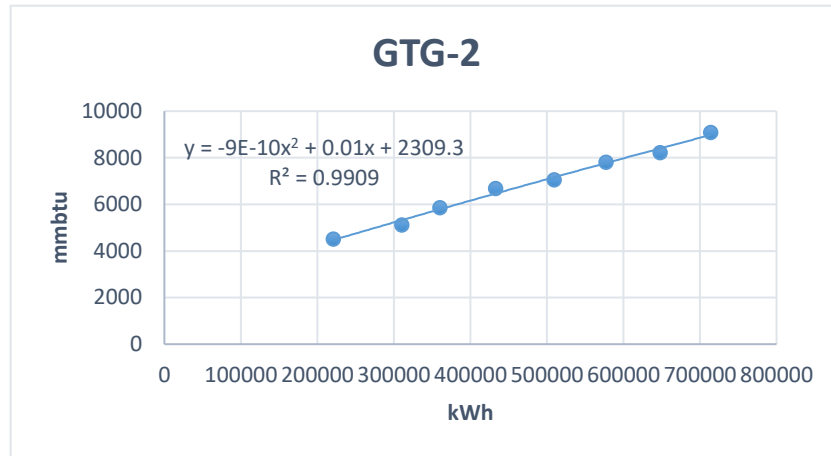
Tabel 10 Variasi Konsumsi Bahan Bakar GTG 2 dan GTG 3

<b>GTG-2</b>			<b>GTG-3</b>		
<b>Rate %</b>	Energi Consumed (mmbtu)	Produksi Listrik (KWh)	<b>Rate %</b>	Energi Consumed (mmbtu)	Produksi Listrik (KWh)
<b>31%</b>	4519,76203	220831,1102	30%	4483,817365	217898,2934
<b>43%</b>	5115,967255	310239,985	40%	5249,976151	289691,3874
<b>50%</b>	5866,102704	360262,3915	50%	5815,626223	359947,2222
<b>60%</b>	6691,563719	433152,8201	60%	6996,803688	429540,8028
<b>71%</b>	7057,992589	509485,8454	70%	7414,825151	503823,3665
<b>80%</b>	7813,987382	577413,662	80%	8012,063453	577869,1074
<b>90%</b>	8225,080415	647988,0873	90%	8729,591249	646512,3292
<b>99%</b>	9088,636909	713896,3144	97%	8549,936886	697058,0854

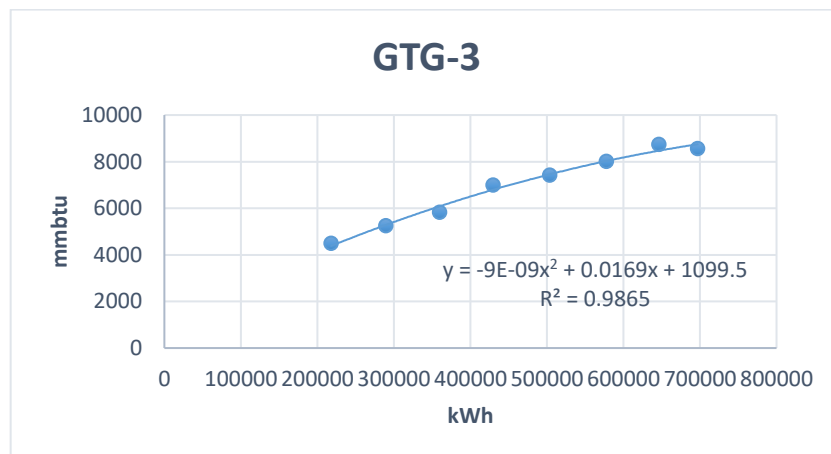
Tabel 11 Variasi Konsumsi Bahan Bakar GTG 4

<b>GTG-4</b>		
<b>Rate %</b>	Energi Consumed (mmbtu)	Produksi Listrik (KWh)
<b>31%</b>	3403,263434	149968,573
<b>40%</b>	3844,638827	190241,221
<b>50%</b>	4368,495346	239120,237
<b>60%</b>	4861,345111	287987,196
<b>70%</b>	5367,924942	334696,184
<b>80%</b>	5811,479785	383918,953
<b>90%</b>	5865,106448	433289,469
<b>101%</b>	6911,807174	484261,203

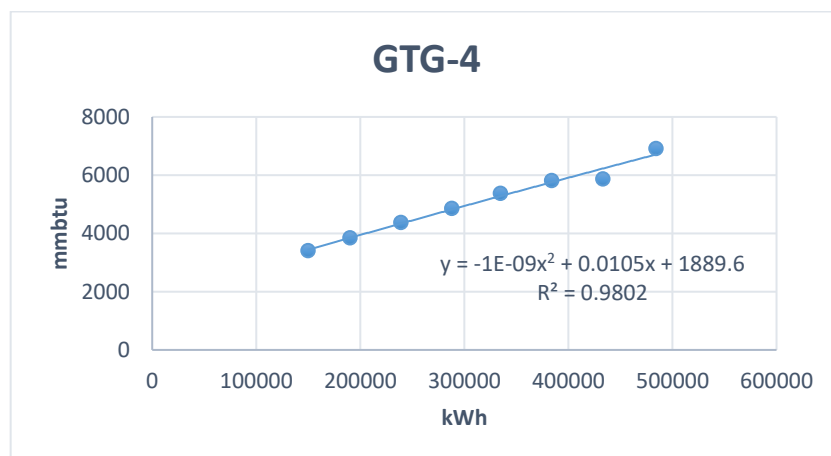
Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode regresi kuadratis sehingga didapatkan fungsi konsumsi energi masing-masing generator berikut,



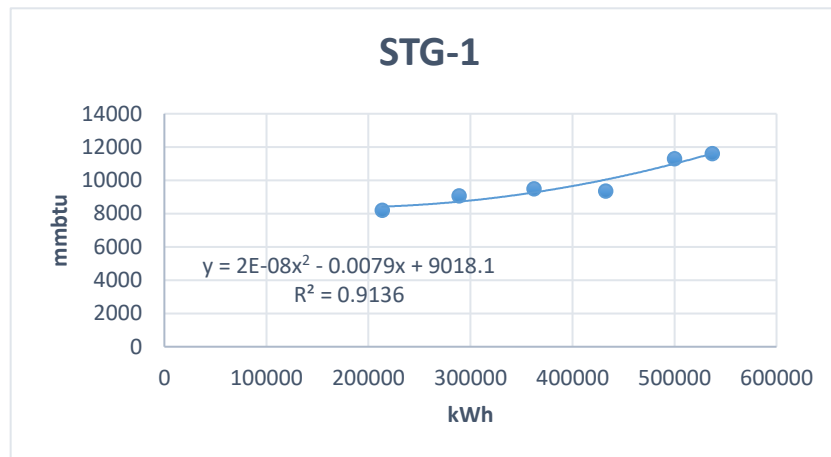
Gambar 11 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-2



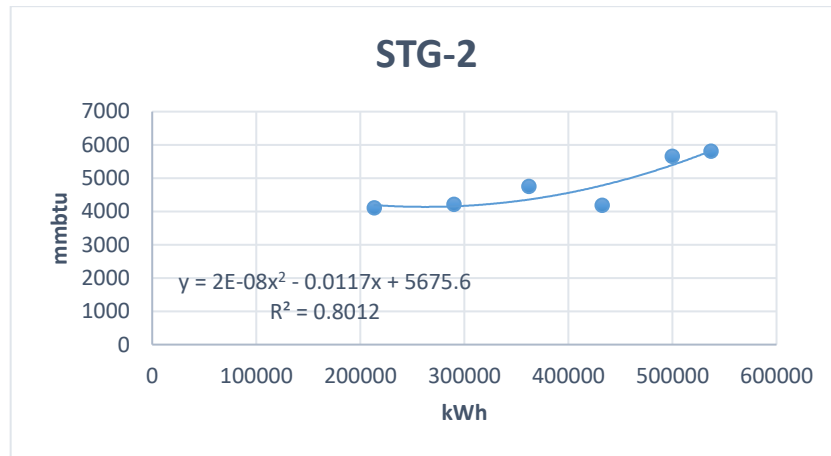
Gambar 12 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-3



Gambar 13 Fungsi konsumsi pembangkit GTG-4



Gambar 14 Fungsi konsumsi pembangkit STG-1



Gambar 15 Fungsi konsumsi pembangkit STG-2

Dari grafik di atas didapat fungsi regresi dari tiap unit pembangkit, berikut fungsi konsumsi unit pembangkitan PT Pupuk Kalimantan Timur:

Tabel 12 Fungsi Konsumsi Hasil Regresi Kuadratis

Generator	Fungsi Konsumsi (mmBTU)
GTG 2	$2309,3 + 0,01x - 9 \cdot 10^{-10}x^2$
GTG 3	$1099,5 + 0,0169x - 9 \cdot 10^{-9}x^2$
GTG 4	$1889,6 + 0,0105x - 1 \cdot 10^{-9}x^2$
STG 1	$9018,1 - 0,0079x + 2 \cdot 10^{-8}x^2$
STG 2	$5675,6 - 0,0117x + 2 \cdot 10^{-8}x^2$

Fungsi konsumsi masing-masing generator tersebut menunjukkan jumlah energi panas yang dibutuhkan oleh generator untuk menghasilkan jumlah pembangkitan

energi listrik tertentu. Pilihan menggunakan regresi kuadratis didasari pada pemahaman bahwa konsumsi dari generator tidaklah linear dari saat generator shutdown hingga mencapai rating pembangkitannya. Ada beberapa faktor yang mengakibatkan efisiensi generator berbeda-beda pada setiap level pembangkitan.

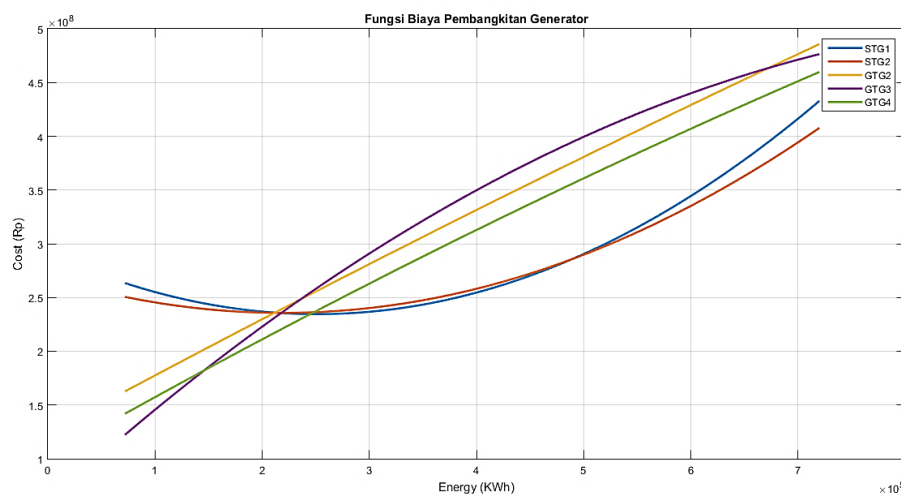
## 4.2 Penentuan Biaya Pembangkitan

Dari penentuan fungsi konsumsi energi (bahan bakar) sebelumnya, didapatkan hubungan antara output pembangkitan dengan konsumsi bahan bakar namun masih dalam satuan mmbtu, berikut tabel harga pembangkitan tiap unit pembangkit:

Tabel 13 biaya bahan bakar generator

<i>Generator</i>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Toll Fee</b>
	\$/mmbtu	\$/MW
<i>GTG- Pabrik 2</i>	3,56	19,5
<i>GTG- Pabrik 3</i>	3,56	19,5
<i>GTG-Pabrik 4</i>	3,56	19,5
<i>STG-1</i>	13.35 (\$/ton)	19,5
<i>STG-2</i>	13.35 (\$/ton)	19,5

Dari data di atas terlihat bahwa karakteristik pembangkitan antara GTG dan STG memiliki perbedaan yang cukup signifikan, dimana GTG memiliki biaya bahan bakar yang lebih mahal ketimbang STG. Selain itu dalam sistem integrasi kelistrikan PT Pupuk Kalimantan Timur terdapat biaya penggunaan integrasi yang perlu dibayarkan kepada pihak PT Kaltim Daya Mandiri. Toll Fee memiliki simulasi pembayaran yaitu dimana setiap daya yang melalui jaringan integrasi dibebankan untuk membayar biaya tertentu per kWh.



Gambar 16 Fungsi biaya pembangkitan

### 4.3 Simulasi Optimasi Operasi Generator

Proses simulasi pada *software* MATLAB diawali dengan memasukkan seluruh parameter dan *constraint* yang akan digunakan dalam simulasi ini. Parameter dan *constraint* meliputi karakteristik dari generator sebagai berikut,

Tabel 14 Karakteristik Generator

Generator	Rated (MW)	Rated (MVA)	Pmin (MW)	Pmax (MW)
STG 1 (Kaltim 5)	30	37,5	3	30
STG 2 (Pabrik 6)	30	37,5	3	30
GTG GE (Kaltim-2)	36,4	45,5	3	28
GTG Alshtom (Kaltim-3)	30	37,5	3	26
GTG GENP (Kaltim-4)	21,6	27	3	20
GTG KDM	34	42,5	3	26

Karena keterbatasan data dan waktu untuk melakukan kerja praktik, pada studi ini terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan sebagai berikut,

- 1 Simulasi dan pencuplikan uji coba menggunakan data yang berhasil dikumpulkan yaitu data konsumsi dan daya listrik pembangkitan selama 2016-2018, dalam laporan ini, digunakan data acak yaitu data bulan Maret 2017 dengan pertimbangan adanya pola pembangkitan yang normal.
- 2 Data pembangkitan unit PT KDM dianggap TA (*Turn Around*).
- 3 *Constraint* lain seperti *ramping rate*, jatuh tegangan dan frekuensi, rugi-rugi jaringan distribusi, dll diabaikan.

Selain dari karakteristik generator, data yang harus diinputkan adalah pola operasi harian generator PT Pupuk Kalimantan Timur dengan menganggap PT KDM TA.

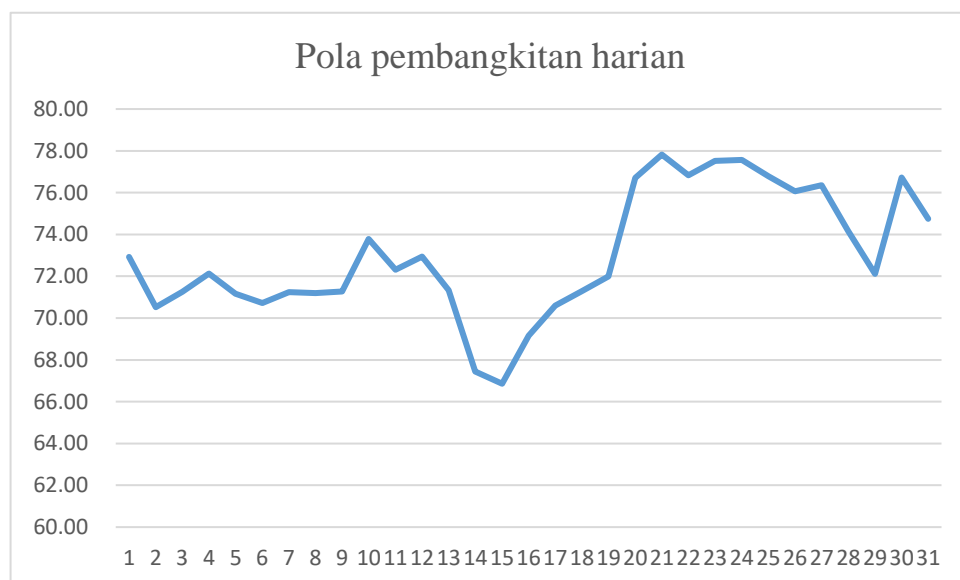
Tabel 15 Operasi Harian Generator saat PT KDM TA

Tanggal	Daya Listrik Tiap Generator MWh					Total Produksi (MWh)
	GTG-2	GTG-3	GTG-4	STG-1	STG-2	
1-Mar-17	20,33	19,07	15,96	9,34	8,22	72,92
2-Mar-17	18,92	18,60	15,17	9,58	8,25	70,52
3-Mar-17	19,33	19,21	14,76	9,71	8,24	71,25
4-Mar-17	19,99	19,60	14,58	9,70	8,25	72,12
5-Mar-17	19,44	18,83	14,99	9,66	8,23	71,16
6-Mar-17	19,32	18,76	14,59	9,68	8,37	70,72
7-Mar-17	19,53	18,57	15,18	9,71	8,24	71,24
8-Mar-17	19,02	18,43	15,59	9,69	8,47	71,20
9-Mar-17	19,48	18,04	15,74	9,69	8,33	71,28



10-Mar-17	20,66	19,22	16,11	9,44	8,36	73,79
11-Mar-17	20,67	20,40	15,97	6,14	9,14	72,31
12-Mar-17	20,45	20,58	16,55	5,06	10,28	72,93
13-Mar-17	20,92	20,36	16,24	5,73	8,09	71,33
14-Mar-17	18,45	18,31	15,32	10,29	5,08	67,44
15-Mar-17	19,58	19,46	15,58	6,51	5,72	66,86
16-Mar-17	20,31	19,45	15,79	5,72	7,89	69,16
17-Mar-17	19,45	19,49	16,44	6,51	8,71	70,59
18-Mar-17	20,36	19,89	15,68	6,66	8,70	71,29
19-Mar-17	20,55	19,54	15,11	8,15	8,63	71,99
20-Mar-17	21,28	19,88	15,47	10,82	9,26	76,71
21-Mar-17	21,18	20,13	15,50	11,62	9,39	77,82
22-Mar-17	20,34	18,92	15,62	12,60	9,35	76,83
23-Mar-17	20,35	19,25	15,35	13,28	9,31	77,53
24-Mar-17	20,09	19,63	15,20	13,30	9,36	77,57
25-Mar-17	19,55	19,00	15,19	13,68	9,37	76,79
26-Mar-17	19,22	18,67	14,74	14,12	9,32	76,07
27-Mar-17	19,46	18,71	14,27	14,51	9,40	76,36
28-Mar-17	18,85	17,94	13,90	14,12	9,35	74,17
29-Mar-17	17,71	17,09	14,18	13,81	9,33	72,12
30-Mar-17	19,10	18,19	15,29	14,74	9,41	76,73
31-Mar-17	18,42	17,83	14,46	14,70	9,33	74,74

Dari data di atas didapat grafik seperti gambar 17. Terlihat pola pembangkitan yang sangat fluktuatif dengan terdapat konsumsi daya terendah pada pertengahan Maret dan tertinggi pada 21 Maret.



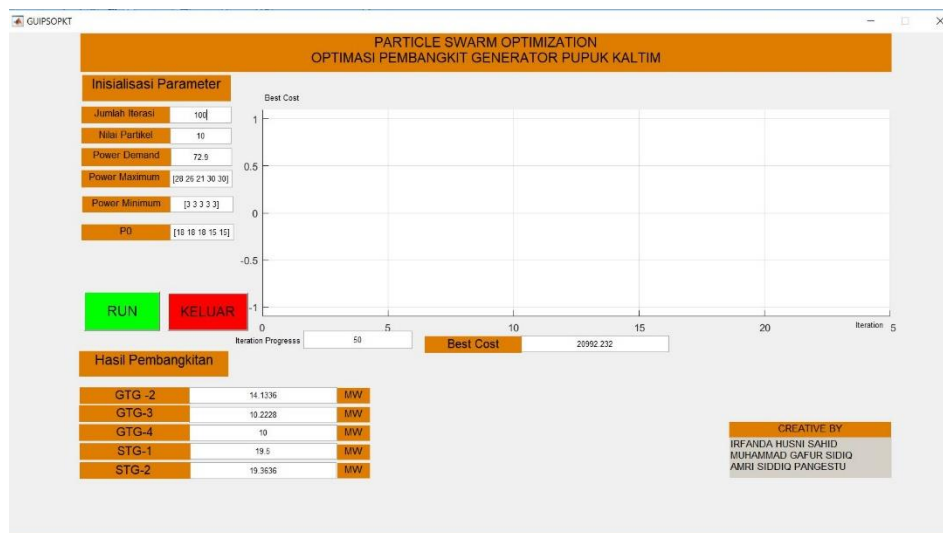
Gambar 17 pola pembangkitan periode 1-31 Maret 2017

Lalu dilakukan pengujian optimasi pembangkitan dengan menggunakan metode PSO yang memiliki kemampuan cukup baik karena mengadopsi perhitungan

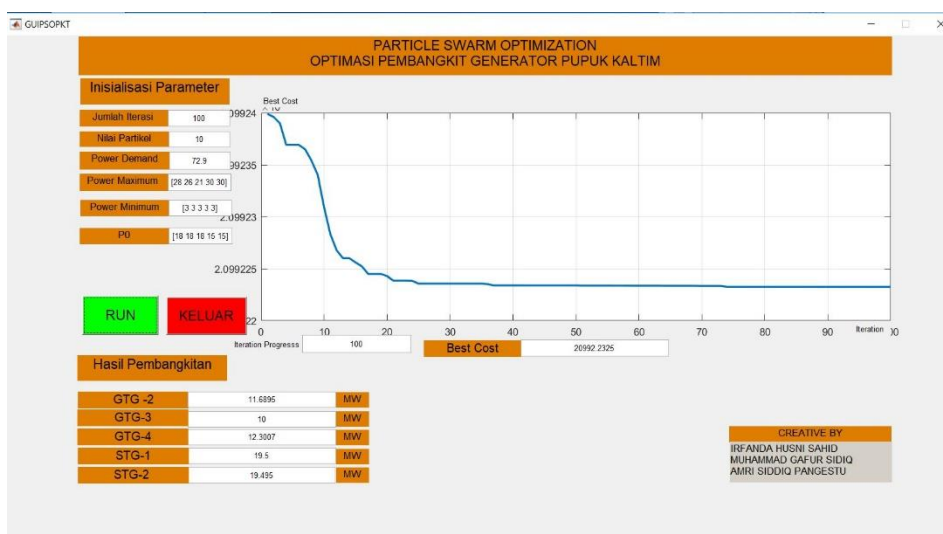
termutakhir, yaitu *Artificial Intelligence* (AI). Parameter Particle Swarm Optimization yang digunakan untuk simulasi ini adalah,

- Iterasi : 100
- Populasi awal : 10
- *Inertia Weight* : 1
- *Inertia Weight Damping Ratio* : 0,99
- *Personal Learning Coefficient* : 2
- *Global Learning Coefficient* : 0,5

Berikut gambar menunjukkan simulasi menggunakan GUI (*Graphic User Interface*) dari metode optimasi PSO.



Gambar 18 GUI sebelum iterasi dimulai



Gambar 19 GUI setelah dilakukan iterasi optimasi

Hasil dari tiap pengujian terhadap data Maret 2017 lalu dicatat kemudian dibandingkan dengan data perhitungan biaya normal tanpa optimasi. Berikut perbandingan antara simulasi menggunakan perhitungan PSO dengan operasional normal ditunjukkan tabel berikut,

*Tabel 16 Biaya Pembangkitan Operasi Normal*

Daya Listrik Tiap Generator MW					Total Produksi (MW)	Total Cost	
GTG-2	GTG-3	GTG-4	STG-1	STG-2		Jam	Harian
20,33367	19,07151	15,96022	9,338726	8,219286	72,92341776	IDR 66.220.786,38	IDR 1.589.298.873,22
18,91531	18,60488	15,17284	9,584222	8,245728	70,52297717	IDR 63.071.754,82	IDR 1.513.722.115,64
19,33139	19,21116	14,76299	9,705015	8,242259	71,25280562	IDR 63.005.914,31	IDR 1.512.141.943,41
19,99151	19,59741	14,58495	9,696821	8,252131	72,12282779	IDR 62.824.805,23	IDR 1.507.795.325,50
19,44259	18,83295	14,99356	9,66133	8,232431	71,16286333	IDR 63.218.201,73	IDR 1.517.236.841,54
19,31928	18,76487	14,58738	9,682567	8,367355	70,7214465	IDR 62.704.290,14	IDR 1.504.902.963,35
19,53141	18,5725	15,18282	9,710021	8,244126	71,24088522	IDR 63.239.298,21	IDR 1.517.743.156,94
19,02262	18,42791	15,58739	9,693577	8,47033	71,2018316	IDR 64.200.551,39	IDR 1.540.813.233,31
19,47779	18,03911	15,73922	9,689966	8,333093	71,2791781	IDR 63.527.113,16	IDR 1.524.650.715,90
20,66198	19,21612	16,1109	9,437143	8,364955	73,79109459	IDR 66.305.432,70	IDR 1.591.330.384,81
20,66797	20,39743	15,96718	6,144046	9,136892	72,31352039	IDR 69.411.057,26	IDR 1.665.865.374,25
20,45118	20,58347	16,55417	5,06474	10,28048	72,93403828	IDR 66.851.074,79	IDR 1.604.425.795,04
20,91836	20,36312	16,23655	5,726726	8,085073	71,32983271	IDR 67.478.517,32	IDR 1.619.484.415,58
18,44688	18,30925	15,31892	10,28763	5,079604	67,4422824	IDR 63.085.719,47	IDR 1.514.057.267,32
19,57805	19,4598	15,58229	6,51462	5,724534	66,85929398	IDR 66.392.946,11	IDR 1.593.430.706,72
20,30908	19,4506	15,79076	5,716681	7,888679	69,15580804	IDR 66.480.840,90	IDR 1.595.540.181,50
19,45035	19,48529	16,43775	6,512252	8,705326	70,59096962	IDR 66.571.238,64	IDR 1.597.709.727,24
20,35748	19,88599	15,67953	6,664113	8,69935	71,28645608	IDR 66.547.758,55	IDR 1.597.146.205,25
20,55482	19,54472	15,11325	8,154051	8,625605	71,99244235	IDR 66.337.116,91	IDR 1.592.090.805,94
21,28229	19,87656	15,46957	10,82101	9,263932	76,71335632	IDR 66.780.421,50	IDR 1.602.730.115,89
21,18074	20,12936	15,5033	11,62062	9,388539	77,82256329	IDR 67.011.879,93	IDR 1.608.285.118,25
20,33995	18,92485	15,61944	12,59534	9,35054	76,83012598	IDR 65.373.212,47	IDR 1.568.957.099,26
20,34762	19,24759	15,3501	13,27521	9,306559	77,52708344	IDR 65.462.060,95	IDR 1.571.089.462,80
20,09047	19,62794	15,19616	13,29627	9,357908	77,56875162	IDR 64.744.670,50	IDR 1.553.872.092,09
19,5494	18,99882	15,19087	13,67894	9,373768	76,79180298	IDR 65.577.610,24	IDR 1.573.862.645,79
19,22113	18,67202	14,73759	14,12113	9,318172	76,07003536	IDR 65.015.894,00	IDR 1.560.381.456,02
19,45648	18,71195	14,27333	14,5137	9,403897	76,35935736	IDR 64.802.119,67	IDR 1.555.250.872,15
18,84993	17,94172	13,8997	14,12246	9,352478	74,16629046	IDR 62.986.661,95	IDR 1.511.679.886,69
17,70958	17,09111	14,18374	13,81143	9,325635	72,12149794	IDR 64.756.903,61	IDR 1.554.165.686,67
19,09688	18,18993	15,29393	14,73628	9,413964	76,73098174	IDR 64.276.212,03	IDR 1.542.629.088,81
18,42262	17,83033	14,4574	14,70002	9,331825	74,74220062	IDR 64.452.553,71	IDR 1.546.861.289,01
<b>TOTAL</b>						<b>IDR 2.018.714.618,58</b>	<b>IDR 48.449.150.845,90</b>

Berikut hasil dari simulasi optimasi menggunakan PSO:

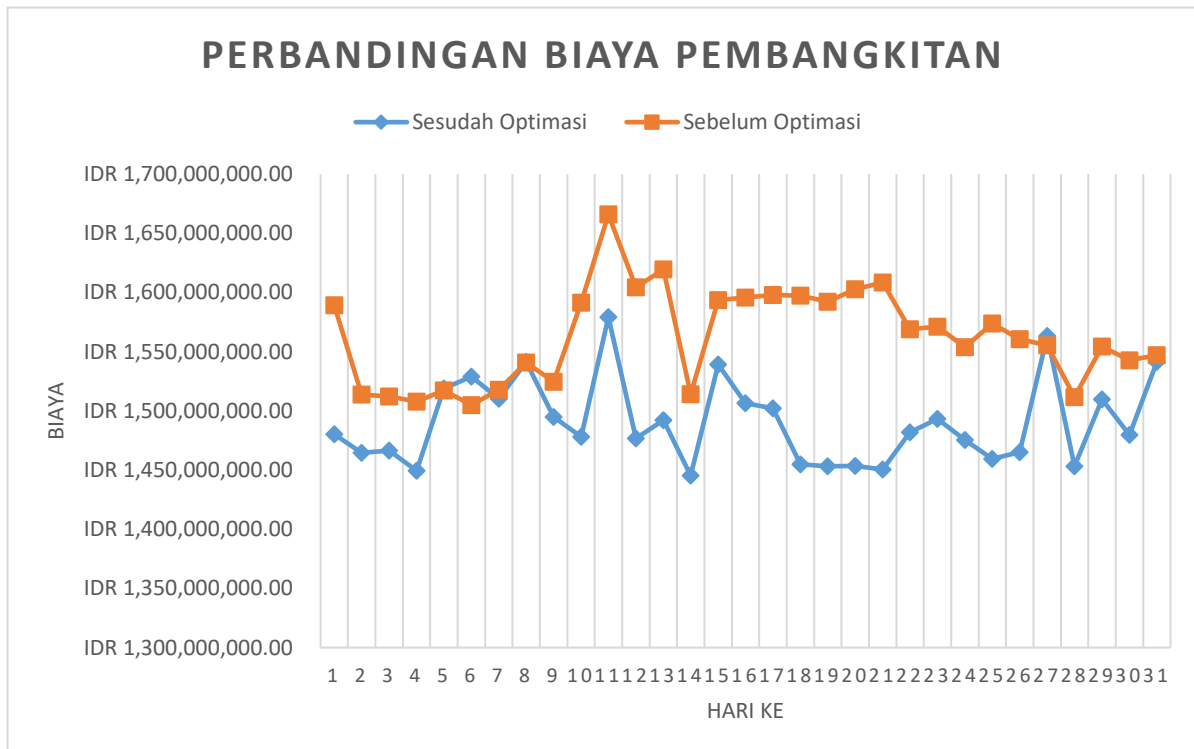
Tabel 17 Biaya Pembangkitan Operasi Setelah dioptimasi

Daya Listrik Tiap Generator MW					Total Produksi (MW)	Total Cost	
GTG-2	GTG-3	GTG-4	STG-1	STG-2		Jam	Harian
11,62	11,00	11,32	19,50	19,50	72,9399	IDR 61.677.771,85	IDR 1.480.266.524,45
11,13	10,57	10,72	19,50	19,19	71,1090	IDR 61.018.190,70	IDR 1.464.436.576,85
12,60	10,35	10,00	19,29	19,50	71,7466	IDR 61.097.973,72	IDR 1.466.351.369,30
11,57	11,00	11,00	19,50	19,36	72,4300	IDR 60.394.294,96	IDR 1.449.463.078,94
11,00	11,52	11,00	19,50	19,50	72,5200	IDR 63.281.093,47	IDR 1.518.746.243,40
11,24	11,62	11,00	19,05	19,12	72,0343	IDR 63.700.842,30	IDR 1.528.820.215,21
11,97	10,00	10,30	19,50	19,50	71,2665	IDR 62.922.659,68	IDR 1.510.143.832,39
11,00	11,00	11,00	19,10	19,11	71,2124	IDR 64.221.076,30	IDR 1.541.305.831,22
11,61	10,00	10,76	19,50	19,50	71,3658	IDR 62.284.961,63	IDR 1.494.839.079,22
11,48	11,00	11,62	19,07	19,06	72,2271	IDR 61.582.196,89	IDR 1.477.972.725,39
12,43	10,70	12,62	19,50	19,06	74,3089	IDR 65.797.212,63	IDR 1.579.133.103,08
11,28	10,00	13,12	19,50	19,19	73,0876	IDR 61.522.979,83	IDR 1.476.551.515,90
11,42	10,20	11,22	19,21	19,39	71,4387	IDR 62.170.409,99	IDR 1.492.089.839,87
10,00	10,25	10,00	19,50	19,23	68,9788	IDR 60.220.024,12	IDR 1.445.280.578,92
10,00	10,07	10,00	19,15	19,22	68,4469	IDR 64.135.948,42	IDR 1.539.262.762,11
10,93	10,32	10,94	19,06	19,30	70,5523	IDR 62.765.419,01	IDR 1.506.370.056,12
11,00	11,50	11,62	19,50	19,14	72,7648	IDR 62.585.454,24	IDR 1.502.050.901,82
11,58	10,78	10,76	19,45	19,06	71,6236	IDR 60.614.068,56	IDR 1.454.737.645,49
11,94	10,00	12,06	19,50	19,30	72,8020	IDR 60.551.419,37	IDR 1.453.234.064,78
11,45	11,09	11,49	24,34	19,02	77,3907	IDR 60.557.527,77	IDR 1.453.380.666,52
11,49	11,00	11,00	19,01	24,06	76,5533	IDR 60.433.282,10	IDR 1.450.398.770,41
11,20	11,62	16,64	19,25	19,32	78,0262	IDR 61.737.743,85	IDR 1.481.705.852,38
11,20	11,62	11,57	20,42	23,47	78,2850	IDR 62.210.096,76	IDR 1.493.042.322,17
11,02	11,00	11,00	21,50	22,50	77,0193	IDR 61.475.701,42	IDR 1.475.416.833,99
10,00	10,69	10,40	21,50	22,00	74,5896	IDR 60.811.368,89	IDR 1.459.472.853,28
10,69	10,10	10,00	22,39	21,50	74,6747	IDR 61.048.992,81	IDR 1.465.175.827,34
10,00	10,41	10,69	23,28	24,50	78,8817	IDR 65.136.145,55	IDR 1.563.267.493,12

10,37	10,41	10,69	24,28	19,50	75,2561	IDR 60.548.886,32	IDR 1.453.173.271,57
10,11	10,69	10,25	22,04	23,24	76,3358	IDR 62.908.109,43	IDR 1.509.794.626,34
10,56	10,69	10,59	24,27	21,28	77,3852	IDR 61.650.540,27	IDR 1.479.612.966,40
10,03	10,69	10,33	21,25	24,50	76,8035	IDR 64.222.272,49	IDR 1.541.334.539,79
<b>TOTAL</b>						<b>IDR 1.925.284.665,32</b>	<b>IDR 46.206.831.967,77</b>

Tabel 18 Rekapitulasi Biaya setelah Optimasi

Generator	Daya		Biaya	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
GTG- Pabrik 2	19,7519	11,09	IDR 17.221.855,88	IDR 9.854.175,93
GTG- Pabrik 3	19,06646	10,71	IDR 19.130.093,88	IDR 9.935.432,27
GTG-Pabrik 4	15,307	11,15	IDR 13.838.665,09	IDR 10.223.520,80
STG-1	10,266	20,37	IDR 8.267.959,02	IDR 15.319.427,41
STG-2	8,625	20,36	IDR 6.661.252,54	IDR 16.773.400,54
Total	73,01636		IDR 65.119.826,41	IDR 62.105.956,95
			Selisih (per jam)	IDR 3.013.869,46
			Hari	IDR 72.332.867,04
			Bulan	IDR 2.169.986.011,09



Gambar 20 Grafik Perbandingan Biaya Pembangkitan

Dari hasil simulasi didapat bahwa hasil optimasi menghasilkan pola pengoperasian generator dengan penghematan hingga Rp 2.169.986.011,09 selama 31

hari dengan asumsi PT Kaltim Daya Mandiri melakukan *turn around*. Dapat terlihat juga bahwa pola pengoperasian optimasi membuat generator dengan konsumsi bahan bakar yang lebih ekonomis beroperasi maksimum. Hal ini dikarenakan rugi-rugi distribusi antar pabrik diabaikan. Dalam hal ini PT KDM belum masuk dalam kalkulasi dikarenakan ketidaktersedianya data diakibatkan berbeda perusahaan. Dengan memiliki data dari PT KDM kita bisa mengolah data lebih akurat karena seluruh pembangkitan dan beban seluruh system dapat dikalkulasi dan optimasi akan lebih baik lagi.

Karena kondisi eksisting dari jaringan distribusi ring 33 KV melibatkan lebih dari satu perusahaan maka dibutuhkan sinergi antara PT Pupuk Kaltim dan PT Kaltim Daya Mandiri agar skema pengoperasian ekonomis ini dapat terlaksana dengan baik. Selain itu juga dibutuhkan sinergi yang baik antara Departemen Proses dan Pengelolaan Energi, Departemen Operasi masing-masing pabrik, serta pihak-pihak lain yang berhubungan langsung dengan proses pembangkitan dan pengoperasian sistem kelistrikan PT Pupuk Kalimantan Timur. Selain dari segi sumber daya manusia, juga dibutuhkan skema agar pengoperasian dari tiap generator dapat dikontrol dan dimonitor dari satu unit kendali atau skema komunikasi yang lebih efektif antar operator karena pada saat ini komunikasi dengan operator masih menggunakan komunikasi standar (Telepon atau HT) sehingga akan membutuhkan waktu yang lama untuk mengoperasikannya dimana beban senantiasa berubah-ubah.

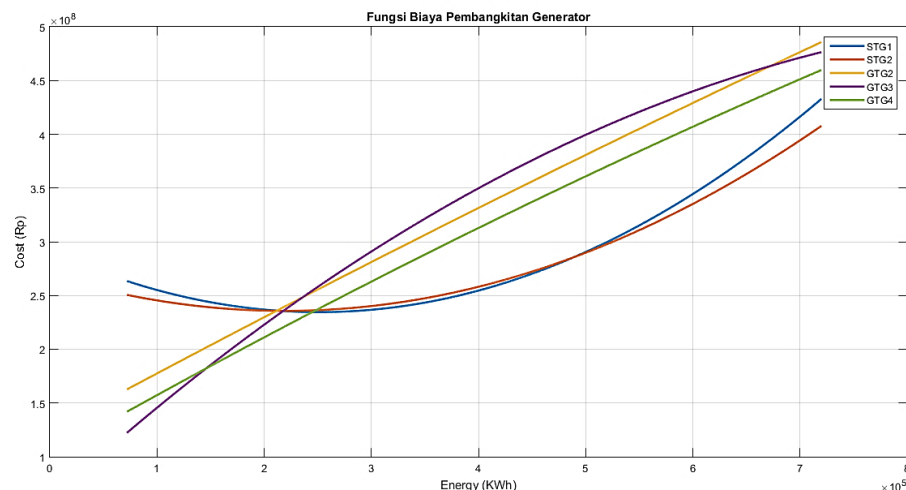
## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan dalam menganalisis biaya pembangkitan PT Pupuk Kalimantan Timur, didapat bahwa;

1. Pada operasi pembangkitan PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki biaya pembangkitan yang berbeda-beda dimana karakteristik seluruh GTG lebih murah pada awal pembangkitan di banding seluruh STG, namun menjadi berkebalikan pada saat kondisi daya pembangkitan di pertengahan *constrain*.



Gambar 21 Fungsi Biaya Pembangkitan Seluruh Unit Pembangkit PT Pupuk Kalimantan Timur

2. Umumnya efisiensi dari GTG hampir linear dalam setiap level pengoperasiannya dibandingkan STG.
3. Pola operasi pembangkitan di PT Pupuk Kalimantan Timur masih bisa di optimalkan lagi dengan menggunakan metode perhitungan Particle Swarm Optimization. Dimana didapat penghematan senilai Rp 2.169.986.011,09 untuk keseluruhan pembangkitan listrik menggunakan simulasi perhitungan dalam *software* MATLAB.

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai optimasi operasi generator yang melibatkan berbagai pihak terkait seperti Departemen Operasi masing-masing pabrik, Departemen Proses dan Pengelolaan Energi,

Departemen Pemeliharaan Listrik dan pihak-pihak lain yang terlibat dalam operasional pembangkitan tenaga listrik PT Pupuk Kaltim mulai dari pengumpulan data yang lebih lengkap dan analisis aspek-aspek lain yang mungkin mempengaruhi operasi generator dan penambahan *constraint* lain seperti pertimbangan losses distribusi. *Spinning reserve*, jatuh tegangan dan jatuh frekuensi serta berbagai *constraint* lain yang berkenaan dengan syarat *security* dan *reliability*.

2. Perlu perencanaan mengenai kendali unit utama dari keseluruhan operasi generator agar saat ada fluktuasi beban dapat dikendalikan dan dimonitor dari satu tempat atau skema lain yang memungkinkan komunikasi antar unit dengan cepat.
3. Perlu dilakukan studi lanjut mengenai algoritma dalam pemilihan pola operasi pembangkitan untuk mendapatkan hasil seefisien mungkin sehingga dapat menekan biaya produksi.
4. Untuk menunjang aktualisasi optimasi pembangkitan, perlu adanya realisasi *software* yang dapat mudah dioperasikan dan *stand alone*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg, Gerald B.S., "*Power Generation, Operation, and Control*", John Wiley&Son, New York, 1996.
- [2] Beban Listrik  
Tersedia pada: <http://ilmu-listrik.weebly.com/beban-listrik.html>  
Diakses pada: 11 September 2018
- [3] Djiteng, M. "Operasi Sistem Tenaga Listrik". Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta, 1990.
- [4] Hadi Saadat, "*Power System Analysis*", McGraw Hill, Singapore, 1999.
- [5] Mengenal Sistem Tenaga Listrik  
Tersedia pada: <https://catatanwsn.wordpress.com/2017/11/11/mengenal-sistem-tenaga-listrik/>  
Diakses pada: 12 September 2018