



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS *NETWORK* DAN *LEVELING* SDM PADA OPERASI DAN
PEMELIHARAAN (O&M) UNIT TURBIN GAS PLTGU**

SKRIPSI

Nama : Emil Maulana
NPM : 0606043515

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2008**

Universitas Indonesia



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS *NETWORK* DAN *LEVELING* SDM PADA OPERASI DAN
PEMELIHARAAN (O&M) UNIT TURBIN GAS PLTGU**

*(Network Analysis and Human Resources Leveling on Gas Turbin Unit of
Combined Cycle Electricity Plant's Operation and Maintenance (O&M)
Process)*

Skripsi ini diajukan sebagai
salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNIK

Nama : Emil Maulana
NPM : 0606043515

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2008**

Universitas Indonesia

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Emil Maulana

NPM : 0606043515

Tanda tangan :

Tanggal :



Universitas Indonesia

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Emil Maulana
NPM : 0606043515
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis *Network* dan *Leveling* SDM pada Operasi dan Pemeliharaan (O&M) Unit Turbin Gas PLTGU.
(*Network Analysis and Human Resources Leveling on Gas Turbin Unit of Combined Cycle Electricity Plant's Operation and Maintenance (O&M) Process*)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yadrifil, MSc (.....)
Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo M., MSIE (.....)
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE (.....)
Penguji : Ir. Sri Bintang P., MSISE, Ph.D (.....)
Penguji : (.....)

Universitas Indonesia

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin menghaturkan banyak terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Tami, Nenek, Om beni, dan PF, yang tiada henti mendukung penulis baik moral maupun material dalam penulisan skripsi.
2. Bapak Ir. Yadrifil MSc., selaku dosen pembimbing skripsi, terimakasih atas bimbingan, dorongan, nasihat, dan semangat yang selalu diberikan.
3. Teman-teman satu bimbingan Wisnu dan Neni, terimakasih semangat dan hiburan yang diberikan selama periode pengambilan data yang sulit di Tanjung Priuk.
4. Teman-teman ekstensi TI-UI: Yoga, Ilie, Wadyo, Yosa, Andri, Ridho, Andri, dan kawan-kawan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuannya dalam memberi referensi dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Sri Bintang Pamungkas, Ibu Erlinda, dan Pak Yuri atas masukan dan saran yang berguna pada seminar I dan II.
6. Dan kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih atas motivasi dan dukungannya selama ini.

Akhir kata, Penulis sadar betul bahwa tidak ada yang sempurna di dunia ini, termasuk karya tulis ini, karena kesempurnaan hanyalah milik Yang Maha Kuasa.

Depok, 12 Desember 2008

Penulis

Universitas Indonesia

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

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

Nama : Emil Maulana
NPM : 0606043515
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

Analisis Network dan Leveling SDM pada Operasi dan Pemeliharaan (O&M) Unit Turbin Gas PLTGU.

(Network Analysis and Human Resources Leveling on Gas Turbin Unit of Combined Cycle Electricity Plant's Operation and Maintenance (O&M) Process)

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 17 Desember 2008

Yang menyatakan,

(Emil Maulana)

Universitas Indonesia

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Emil Maulana
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 7 Mei 1985
Alamat : Taman Asri Blok H3/1 Ciledug Tangerang

Pendidikan

a.	Sekolah Dasar	:	SD Cenderawasih III, Banten (1991 – 1997)
b.	Sekolah Menengah Pertama	:	SMP 48 Jakarta Selatan (1997 – 2000)
c.	Sekolah Menengah Umum	:	SMU Negeri 47 Tanah Kusir (2000 – 2003)
d.	Diploma 3	:	Fakultas Ekonomi, Jurusan Teknologi Sistem Informasi, Universitas Indonesia (2003 – 2006)
e.	Strata 1	:	Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia (2006 – 2008)
Organisasi		:	<ul style="list-style-type: none">• Wakil Ketua PMR SMUN 47 , (2002 – 2003)• Ketua Biro Humas & SDM BSO Band (2004 – 2005)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Emil Maulana
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Network dan Leveling SDM pada Operasi dan Pemeliharaan (O&M) Unit Turbin Gas PLTGU.

Skripsi ini membahas tentang apa saja yang dilakukan atau aktivitas-aktivitas apa saja yang ada di dalam sebuah Overhaul atau Inspeksi Major Gas Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) serta memperhitungkan jumlah kebutuhan tenaga kerja yang optimal pada proses pemeliharaan tersebut. Dengan memetakan proses pemeliharaan dan inspeksi serta menggunakan *network analysis*, *crashing* dan *resource leveling* dalam menentukan *critical path*, maka durasi proses inspeksi dapat berlangsung lebih cepat dari jadwal yang telah dibuat, sehingga meningkatkan kesiapan (*availability*) pembangkit dan dapat mendatangkan *income* yang lebih besar bagi perusahaan.

Kata kunci:
Operation & Maintenance, Project Management, Scheduling.

ABSTRACT

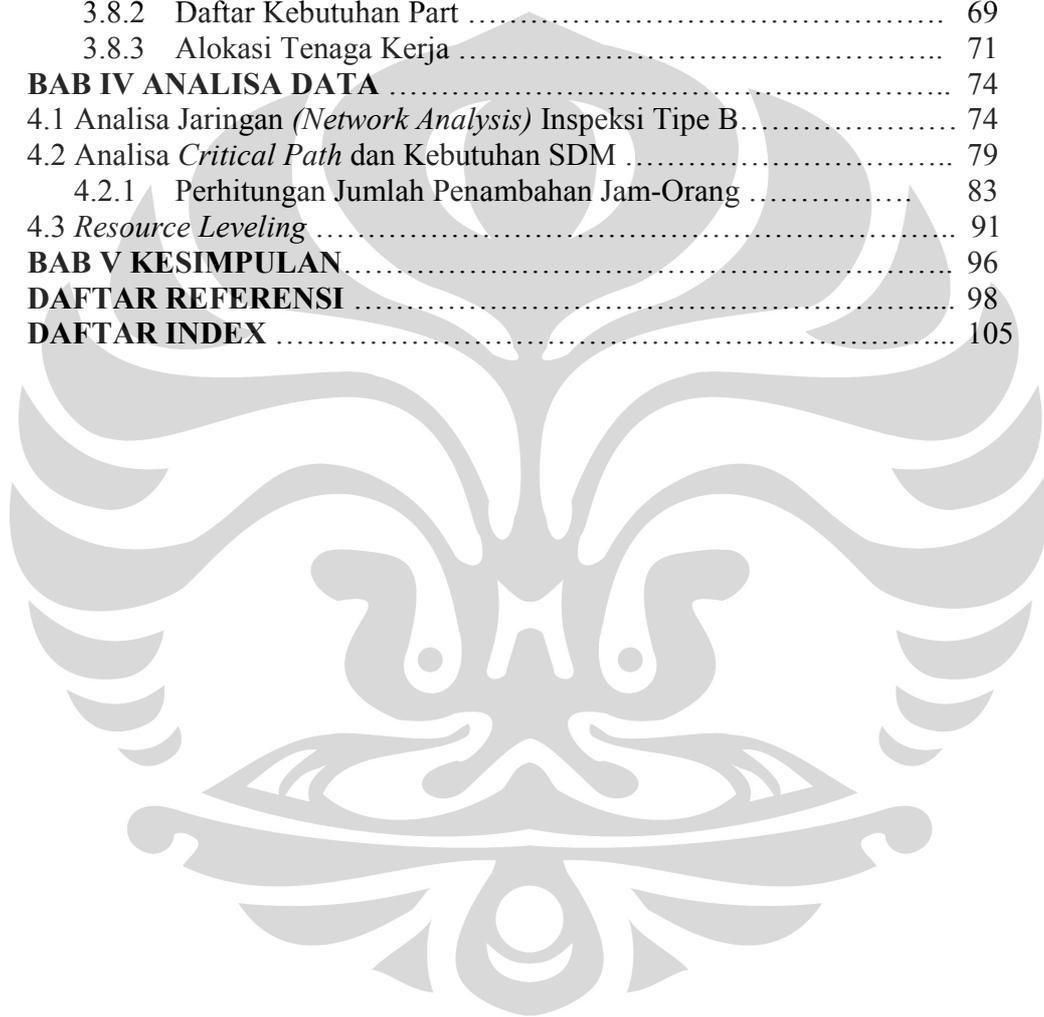
Name : Emil Maulana
Study Program: Industrial Engineering
Title : *Network Analysis and Human Resources Leveling on Gas Turbin Unit of Combined Cycle Electricity Plant's Operation and Maintenance (O&M) Process.*

This Thesis is focusing on what kind of activities that should be done upon gas and steam turbine electricity power plant major overhaul and calculating the optimal amount of human resource involved. By using project-crashing and resource leveling from the critical path analysis, the duration of inspection can be shortened from it's planned schedule, so that the availability of plant is increasing along with the income.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB II DASAR TEORI	11
2.1 Manajemen Pemeliharaan	11
2.1.1 Tujuan Pemeliharaan	12
2.1.2 Jenis-jenis Pemeliharaan	12
2.1.3 <i>Maintenance Job Planning dan Scheduling</i>	15
2.2 <i>Scheduling Technique CPM PERT</i>	19
2.2.1 <i>Resources Leveling</i>	22
2.3 Perencanaan SDM	23
2.3.1 Jumlah Tenaga Kerja	23
2.3.2 Produktivitas Tenaga Kerja	23
2.3.3 Tenaga Kerja Langsung dan Borongan	26
2.3.4 Meratakan Keperluan Tenaga Kerja	27
2.3.5 Membuat Histogram Tenaga Kerja	28
2.4 Pemeliharaan Gas Turbin	29
2.4.1 <i>Equivalent Availability Factor</i>	30
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	31
3.1 Gambaran Umum PT.Indonesia Power.....	31
3.2 Gambaran Umum UBP Priuk.....	31
3.3 Sejarah PT Indonesia Power.....	32
3.4 Sejarah Singkat UBP Priuk	33
3.4.1 Lokasi Wilayah UBP Priok	34
3.5 Profil Perusahaan	35
3.5.1 Tujuan Perusahaan	35

3.5.2	Profil Unit Bisnis Priok.....	36
3.5.3	Susunan Organisasi UBP Priok	36
3.5.4	Peranan UBP Priok dalam Kelistrikan Jawa Bali	37
3.6	Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas	38
3.7	Proses Pemeliharaan Turbin Gas PLTGU	41
3.7.1	Pemetaan <i>Preventive Maintenance</i> dan inspeksi	43
3.8	Inspeksi Tipe B	56
3.8.1	Uraian Pekerjaan Inspeksi Tipe B	56
3.8.2	Daftar Kebutuhan Part	69
3.8.3	Alokasi Tenaga Kerja	71
BAB IV ANALISA DATA		74
4.1	Analisa Jaringan (<i>Network Analysis</i>) Inspeksi Tipe B.....	74
4.2	Analisa <i>Critical Path</i> dan Kebutuhan SDM	79
4.2.1	Perhitungan Jumlah Penambahan Jam-Orang	83
4.3	<i>Resource Leveling</i>	91
BAB V KESIMPULAN.....		96
DAFTAR REFERENSI		98
DAFTAR INDEX		105

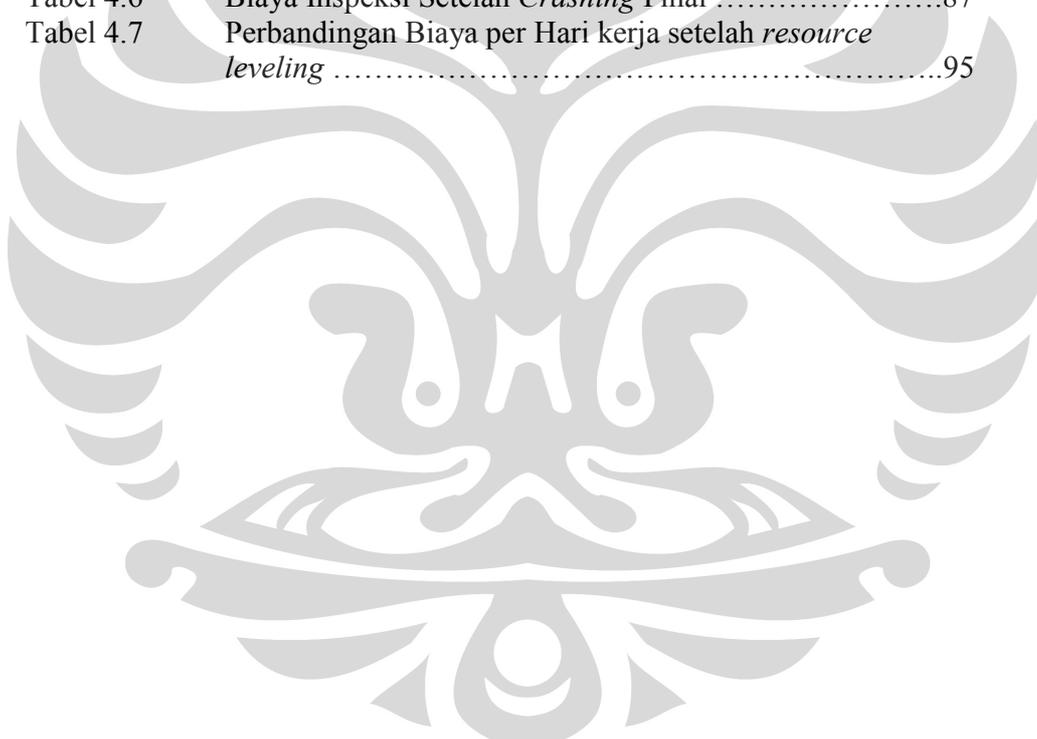


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah 2
Gambar 1.2	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian 5
Gambar 2.1	Kurva Hidup Mati 15
Gambar 2.2	CPM event and activity..... 12
Gambar 3.1	Diagram Satu Baris Unit Pembangkitan Priok 38
Gambar 3.2	Turbin Gas (Simple Cycle) 39
Gambar 3.3	Turbin Gas (Combined Cycle)..... 40
Gambar 3.4	Hierearki Pemeliharaan..... 41
Gambar 4.1	CPM Inspeksi B 76
Gambar 4.2	<i>Crashed CPM I</i> 84
Gambar 4.3	<i>Crashed CPM II</i> 89
Gambar 4.4	<i>Crashed CPM III</i> 90
Gambar 4.5	Histogram Jumlah Helper – Durasi Inspeksi (sebelum leveling)..... 91
Gambar 4.6	Histogram Jumlah Teknisi Senior – Durasi Inspeksi (sebelum leveling)..... 92
Gambar 4.7	<i>Delay</i> - Pemeriksaan P/S..... 93
Gambar 4.8	<i>Delay</i> - Minimum Flowrun Task 94
Gambar 4.9	Histogram Jumlah Helper – Durasi Inspeksi (Setelah Leveling)..... 94
Gambar 4.10	Histogram Jumlah Teknisi Senior – Durasi Inspeksi (Setelah Leveling) 94

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Klasifikasi Over haul (Major Inspection).....42
Tabel 3.2	Pemetaan <i>Preventive Maintenance</i> 43
Tabel 3.3	Pemetaan Inspeksi tipe A 45
Tabel 3.4	Pemetaan Inspeksi Tipe B 47
Tabel 3.5	Pemetaan Inspeksi Tipe C 50
Tabel 3.6	Daftar Penggantian Part Inspeksi B69
Tabel 3.7	Kebutuhan Tenaga Kerja Peraktivitas71
Tabel 4.1	Analisis Jaringan Inspeksi B..... 74
Tabel 4.2	<i>Slack Time</i> Inspeksi B 77
Tabel 4.3	Biaya Inspeksi Normal78
Tabel 4.4	Biaya Inspeksi Setelah <i>Crashing</i> I 85
Tabel 4.5	Biaya Inspeksi Setelah <i>Crashing</i> II 86
Tabel 4.6	Biaya Inspeksi Setelah <i>Crashing</i> Final87
Tabel 4.7	Perbandingan Biaya per Hari kerja setelah <i>resource leveling</i>95



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Struktur Organisasi PT.Indonesia Power 99
Lampiran 2	Struktur Organisasi G.T. <i>Inspection</i> 100
Lampiran 3	Flowchart Prosedur <i>Preventive Maintenance</i> 101
Lampiran 4	Flowchart Prosedur <i>A Inspection</i> 102
Lampiran 5	Flowchart Prosedur <i>B Inspection</i> 103
Lampiran 6	Flowchart Prosedur <i>C Inspection</i> 104



BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Krisis ekonomi global kini tengah mengancam dunia, krisis keuangan dan perbankan yang tengah melanda Amerika Serikat berpengaruh terhadap pasar saham dunia, termasuk di Indonesia. Kondisi ini merupakan sinyal keras bagi perusahaan untuk ramai-ramai melakukan penghematan energi atau disebut era hemat energi, sehingga dapat bertahan dari krisis ekonomi global yang tinggal menunggu waktu.

Pembangkit listrik memerlukan minyak, gas, dan batu bara sebagai bahan bakar. Mengikuti fluktuasi harga minyak, harga batu bara dan gas pun mengalami kenaikan. Tingginya harga bahan bakar tersebut berbanding lurus dengan biaya produksi, termasuk biaya operasi dan perawatan. Di dalam proses operasinya, pembangkit harus terus menerus bekerja selama 24 jam tanpa berhenti setiap hari, berhenti bekerjanya pembangkit dapat mengakibatkan terhambatnya pasokan listrik kepada PLN dan dapat menimbulkan kerugian besar pada masyarakat luas karena mati listrik. Melihat hal tersebut kehandalan performa mesin-mesin pembangkit menjadi perhatian utama agar kebutuhan energi senantiasa terpenuhi.

Untuk menyesuaikan diri terhadap era hemat energi ini, dan agar kinerja mesin pembangkit dapat tetap pada kondisi optimal dalam proses operasinya, perusahaan harus mampu merawat dan menangani kerusakan pada mesin-mesin pembangkit secara efisien dan efektif serta pengoperasian mesin dilakukan dengan benar.

Selain itu, pemetaan atau perancangan proses pemeliharaan yang baik dapat meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kualitas kegiatan pemeliharaan. Kegiatan ini

dilakukan dengan mengidentifikasi proses-proses apa yang terjadi pada proses operasi dan pemeliharaan (*O&M*), kemudian menganalisanya menggunakan *CPM/PERT*. Sehingga proses penjadwalan kegiatan operasi dan pemeliharaan dapat dengan lebih mudah dilakukan.

Pemetaan proses operasi dan pemeliharaan merupakan salah satu langkah yang tepat untuk perbaikan proses bisnis perusahaan karena kita dapat mengidentifikasi aliran informasi dan aktivitas dalam proses pemeliharaan yang kemudian dari pemetaan tersebut dapat melakukan perbaikan proses dengan cara menghilangkan atau mengubah proses yang tidak memberikan nilai tambah. Dalam pemetaan proses tersebut kita juga dapat mengetahui pengalokasian tenaga kerja yang optimal dalam proses pemeliharaan pembangkit.

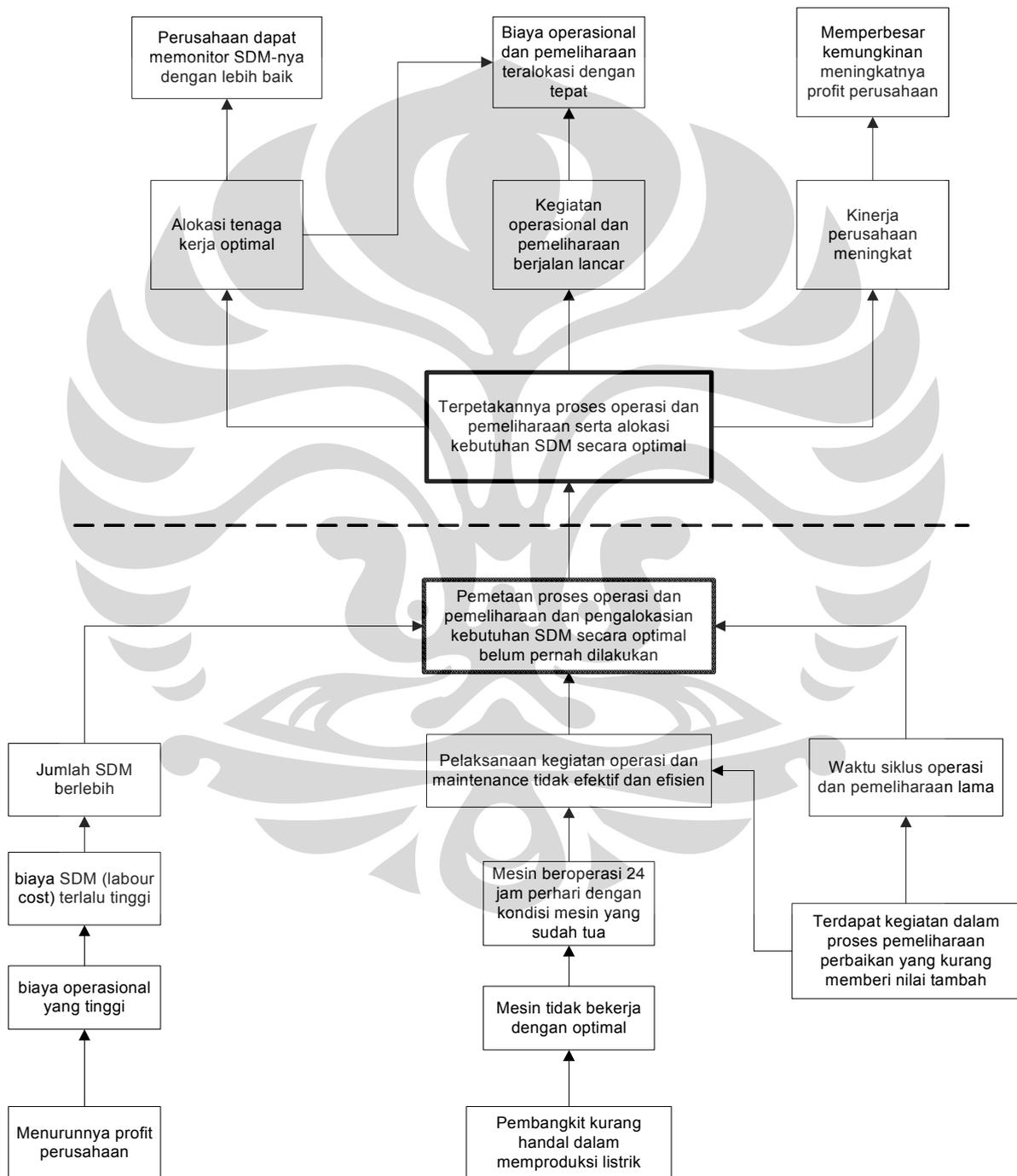
Penumpukan sumber daya manusia atau disebut tenaga kerja pada suatu *work station* tentu menimbulkan pemborosan biaya, khususnya biaya tenaga kerja (*labour cost*), hal ini selain dapat mengakibatkan meningkatnya biaya operasional perusahaan, juga mengurangi efektivitas kinerja perusahaan. Penumpukan tenaga kerja haruslah dihindari, maka dari itu melalui pemetaan proses bisnis khususnya pemeliharaan kita bisa melihat kebutuhan sumber daya manusia pada setiap titik operasi pemeliharaan pembangkit yang optimal, sehingga pembangkit dapat mewujudkan optimasi dalam menjalankan operasi bisnisnya.

PT.X adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik, sebagai anak perusahaan PLN, PT. X mempunyai 8 unit bisnis pembangkit di daerah Jawa-Bali dan satu unit bisnis jasa pemeliharaan pembangkit di Jakarta. Dengan memiliki 147 *power plant* dan kapasitas total sebesar 8888 MW, PT.X merupakan perusahaan pembangkit listrik terbesar di Indonesia². PT. X mempunyai visi dan misi yang terintegrasi yaitu menjadi perusahaan publik dengan performa kelas dunia. Untuk mewujudkannya PT. X telah mendapatkan berbagai jenis sertifikasi manajemen, seperti ISO 9001, ISO 14001, dsb. Selain itu, untuk menyesuaikan diri dengan era hemat energi, PT. X harus mewujudkan proses operasi dan pemeliharaan yang

optimal. Untuk mencapai hal tersebut maka perlu di lakukan pemetaan proses operasi dan pemeliharaan khususnya pengalokasian sumber daya manusia agar proses pemeliharaan tepat sesuai dengan sasaran dan prosesnya dapat berjalan dengan efisien (cepat) dan efektif (tepat). Untuk itu maka penulis dalam skripsi ini akan membahas analisa proses dan kebutuhan sumber daya manusia pada operasional dan perawatan pembangkit.

I.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Pokok permasalahan yang ditemui penulis dalam penelitian ini bisa diteliti dengan melakukan pemetaan proses operasi dan pemeliharaan menggunakan analisa perencanaan dengan jaringan dan mengalokasikan kebutuhan tenaga kerja yang dapat menghasilkan hasil positif bagi perusahaan, baik dengan menambah atau memangkas jumlah tenaga kerja, sehingga dengan terpetakannya kegiatan-kegiatan yang terlibat, perusahaan dapat meningkatkan kesiapan (*reliability*) produksinya dan lakukan penjadwalan dan memonitor tenaga kerja, atau bahkan dapat berujung dengan meningkatnya profit perusahaan, diagram keterkaitan masalah dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

I.3 Perumusan Masalah

- Persebaran tenaga kerja yang tidak merata pada proses pemeliharaan
- Durasi kegiatan pemeliharaan masih dapat dipercepat sehingga *availability* pembangkit dapat ditingkatkan

I.4 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Meratakan distribusi tenaga kerja, sehingga tidak terdapat *overallocated* pada pendistribusian SDM.
2. Mempersingkat durasi kegiatan pemeliharaan.
3. Meningkatkan efisiensi dalam aktivitas pemeliharaan sehingga kesiapan pembangkit pun meningkat.

I.5 Batasan Masalah

1. Proses yang dianalisa adalah pemeliharaan turbin gas pada PLTGU.
2. Proses pemeliharaan dan perhitungan biaya tenaga kerja (*labour cost*) yang dilakukan meliputi kebutuhan tenaga kerja yang berada di area pembangkit pada proses pemeliharaan.
3. Jenis SDM yang dianalisa adalah teknisi senior dan helper.

I.6 Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah metode penelitian yang dilakukan oleh penulis, disertai dengan *flowchartnya* pada gambar 1.2

1. Mengidentifikasi permasalahan yang ada.

Identifikasi masalah dilakukan dengan menetapkan perusahaan yang ingin dijadikan tempat untuk melakukan penelitian, lalu mencari topik yang dapat dijadikan objek penelitian. Dalam proses ini, penulis berdiskusi dengan dosen pembimbing untuk menentukan topik permasalahan penelitian.

2. Melakukan studi literatur

Mempelajari berbagai literatur yang dapat mendukung penelitian melalui berbagai media seperti buku, literatur, jurnal, artikel, internet dan berbagai media lainnya.

3. Menentukan perumusan permasalahan

4. Menentukan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian

5. Menentukan ruang lingkup penelitian

6. Pengamatan proses operasi dan pemeliharaan

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut tentang proses operasi dan pemeliharaan pembangkit.

7. Pengumpulan data dan wawancara.

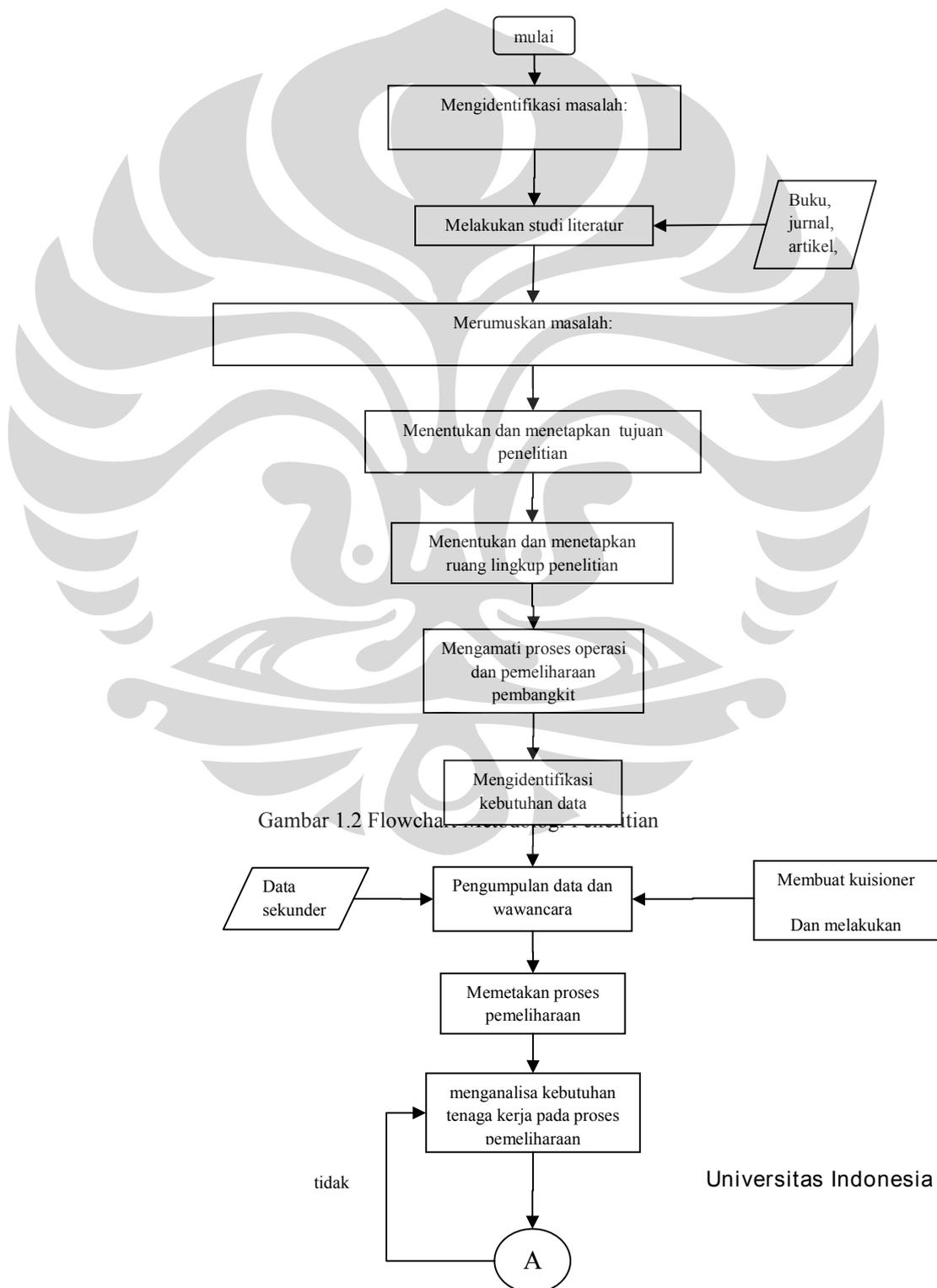
Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara, yaitu identifikasi proses maintenance, memberikan kuisioner atau bila perlu melakukan wawancara terhadap elemen-elemen kerja yang terlibat dalam proses operasi dan pemeliharaan, data yang dikumpulkan berupa prosedur pemeliharaan mesin pembangkit, deskripsi lengkap kegiatan pemeliharaan pembangkit, kebutuhan sumber daya manusia, dsb.

8. Pengolahan data

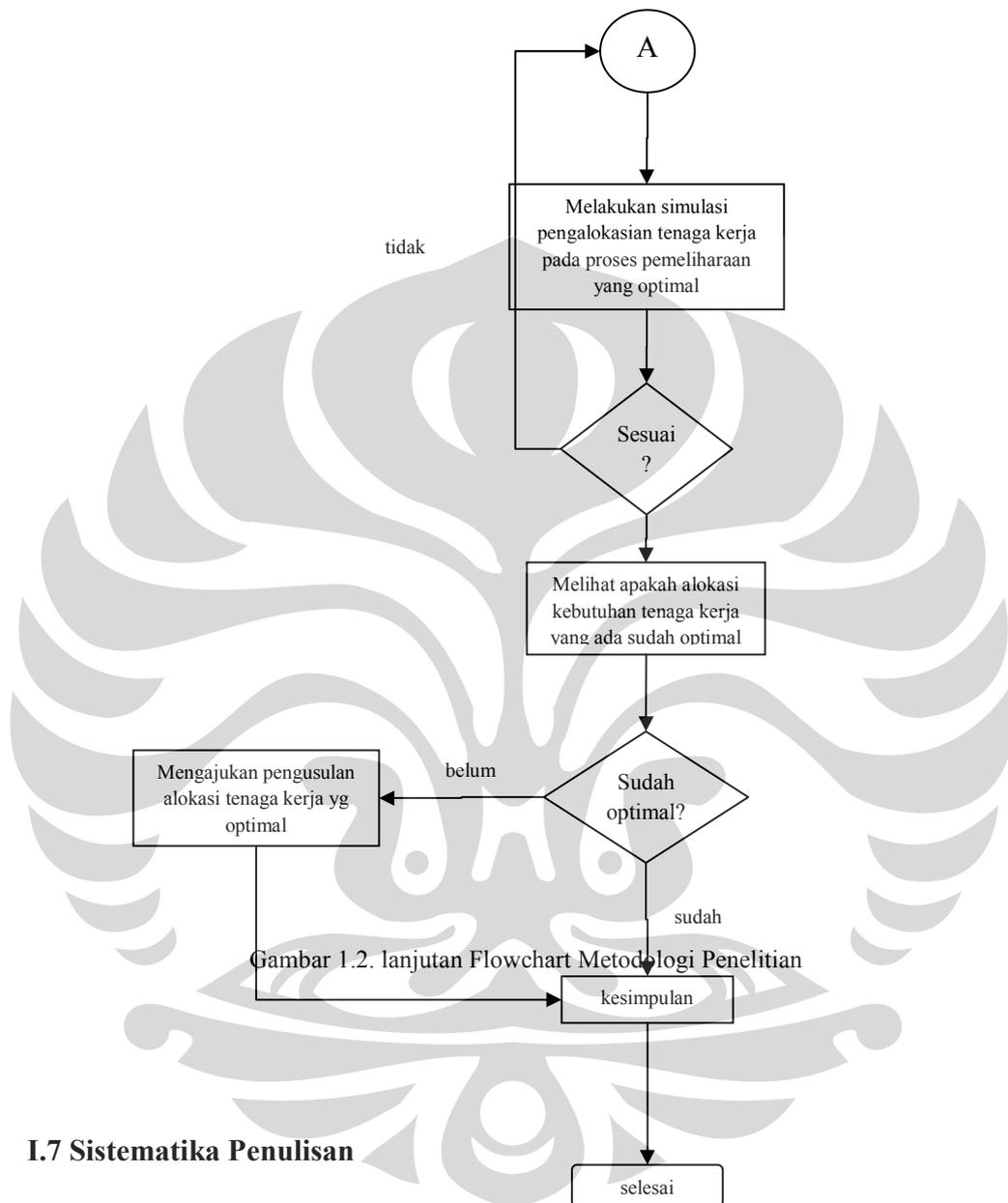
Pengolahan data dilakukan dengan melakukan pemetaan proses pemeliharaan pembangkit, serta kebutuhan sumber daya tenaga kerjanya.

9. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan.



Gambar 1.2 Flowchart proses penelitian



Gambar 1.2. lanjutan Flowchart Metodologi Penelitian

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besar terdiri dari lima bab, yaitu pendahuluan, dasar teori, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis, dan kesimpulan.

Bab pertama merupakan bab pendahuluan, memberikan gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan. Bab ini berisikan Latar Belakang dan

Perumusan Masalah yang menjadi dasar topik penelitian ini. Pada bab ini juga dijelaskan Tujuan dari Penelitian dan Batasan–Batasan dalam yang diambil penulis dalam Penelitian ini.

Bab kedua merupakan tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian, berisikan teori-teori yang mendukung penelitian serta konsep-konsep dasar yang menjadi landasan dalam mengembangkan model penelitian. Teori – teori yang dimuat disini diantaranya meliputi teori tentang Analisa Jaringan, hal – hal yang berkaitan dengan kegiatan pemeliharaan, seperti *preventive maintenance*, *breakdown maintenance*, *work order* dan teori lain yang berhubungan dan nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini.

Bab ketiga menjelaskan mengenai profil dari perusahaan. Selain itu pada bab ini juga akan menjelaskan data apa saja yang digunakan untuk penelitian dan bagaimana data tersebut diperoleh. Data yang dibutuhkan antara lain kegiatan operasi dan pemeliharaan perusahaan, deskripsi lengkap aktivitas pemeliharaan (penjelasan definisi, durasi pelaksanaan, aktivitas pemicu, dan biaya), jumlah personil dan tanggung jawabnya. Data ini didapatkan melalui studi lapangan, wawancara kepada staf ahli bagian pemeliharaan.

Bab keempat adalah pengolahan data dan analisis. Setelah semua data – data yang digunakan untuk penelitian dijelaskan pada Bab III, maka pada bab ini akan diuraikan bagaimana data tersebut diolah dan dianalisis sehingga semua tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dapat tercapai dan terpenuhi. Dari analisa *network* operasi dan pemeliharaan sampai kebutuhan tenaga kerja perusahaan yang ada sekarang.

Bab kelima merupakan bab yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan merupakan ringkasan dari pembahasan yang telah dilakukan.



BAB 2

LANDASAN TEORI

Universitas Indonesia

2.1 Manajemen Pemeliharaan

Terdapat berbagai macam pengertian. Pemeliharaan amun setiap literatur memberikan definisi yang pada intinya menyimpulkan arti pemeliharaan sebagai suatu kegiatan yang bertujuan untuk menjamin tetap berlangsungnya proses produksi yang berdampak langsung terhadap mutu produksi, umur alat produksi dan penekanan biaya produksi yang pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan keuntungan perusahaan. Manajemen adalah kegiatan yang berhubungan dengan pengontrolan dan pengaturan sesuatu, jadi dapat disimpulkan pengertian manajemen pemeliharaan adalah kegiatan untuk mengontrol dan mengendalikan berbagai perangkat, peralatan, dsb, yang bertujuan untuk menjamin tetap berlangsungnya proses produksi yang berdampak langsung pada mutu produksi, umur alat, dan penekanan biaya perusahaan yang pada akhirnya meningkatkan keuntungan pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan harus dilakukan terus menerus hingga terbentuk siklus yang merupakan suatu pengendalian terhadap pemeliharaan yang semakin baik. Pada kenyataannya sulit untuk menentukan sejauh mana tingkat pemeliharaan untuk setiap perusahaan, tetapi dengan pemeliharaan yang terkendail akan dapat dicapai tingkat yang lebih baik.

Pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai aktivitas yang harus dilakukan untuk mempertahankan kondisi fasilitas seperti pada saat awal (*as-build*) dan dapat terus berproduksi sesuai dengan kapasitas aslinya¹. Berdasarkan basis *'when'*, maka pemeliharaan terbagi menjadi²:

¹ Lawrence Mann Jr., *Maintenance Management*, Lexington Books, Canada, 1978, hal.1.

² *Ibid*, hal.1.

- *Emergency maintenance*: Pemeliharaan yang harus dilakukan dalam waktu secepatnya.
- *Routine maintenance*: Pemeliharaan yang harus dilakukan dalam waktu tertentu yang sudah pasti.
- *Preventive maintenance*: Pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan jadwal yang sudah direncanakan dan bersifat pencegahan.

2.1.1 Tujuan Pemeliharaan

Tujuan pemeliharaan secara umum adalah³:

1. Menjaga peralatan agar dapat bekerja pada standar kinerjanya, sehingga rencana produksi dapat tercapai.
2. Menjaga kondisi peralatan agar selalu dalam keadaan siap pakai.
3. Meningkatkan keselamatan pekerja.
4. Menyediakan informasi bagi manajemen perusahaan tentang biaya-biaya kondisi mesin setiap saat.

Sedangkan sasaran dari kegiatan pemeliharaan adalah⁴:

1. Mengurangi/mencegah kegiatan pemeliharaan
2. Mengurangi breakdown
3. Perbaikan keadaan biar terjadi kerusakan
4. Overhaul untuk mengembalikan keadaan peralatan seperti semula

2.1.1 Jenis-jenis Pemeliharaan

³ Gopalarishnan (1991). *Maintenance and Spareparts Management*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited

⁴ Corder, Antony (1992). *Maintenance Management techniques* (Kusnil Hadi, penerjemah). Jakarta: Erlangga

Kegiatan pemeliharaan banyak sekali jenis dan kategorinya, pengelompokan pemeliharaan bisa dilakukan berdasarkan jangka waktu pemeliharaan, jenis kerusakan, kualitas kerusakan dan lain-lain. Kegiatan pemeliharaan juga telah mengalami banyak perubahan dalam hal konsep, perkembangan kegiatan pemeliharaan telah dimulai sekitar tahun 1950an dengan garis besar kegiatan dapat dibagi menjadi dua yaitu, pemeliharaan terencana dan tak terencana. Kemudian diuraikan lebih lanjut, pemeliharaan terencana dapat dibagi lagi yaitu:

- Pemeliharaan pencegahan (Preventive Maintenance)
- Pemeliharaan korektif (Corrective Maintenance)

Pemeliharaan tak terencana (breakdown maintenance), dari pengembangan metode pemeliharaan yang berdasarkan data maka didapat pemeliharaan prediktif (predictive maintenance). penjelasan dari tiap-tiap kegiatan pemeliharaan diuraikan sebagai berikut:

a. Preventive Maintenance

PM dapat didefinisikan sebagai pemeliharaan yang dilakukan pada waktu yang telah ditentukan sebelumnya atau berdasarkan kriteria lain yang diuraikan dan bertujuan untuk mempertahankan komponen dalam keadaan siap operasi dengan cara sistematis memberikan inspeksi, deteksi dan penggantian komponen terhadap gejala-gejala awal kerusakan.

Kegiatan Inspeksi

Kegiatan inspeksi merupakan kunci kegiatan PM. Mesin/alat yang pemakaiannya terputus-putus lebih banyak memerlukan inspeksi dibandingkan dengan mesin/alat yang dipakai terus menerus.

Kegiatan inspeksi meliputi:

- ✓ Pembersihan
- ✓ Pelumasan
- ✓ Pemeriksaan jadwal

- ✓ Penyesuaian kondisi peralatan
- ✓ Penggantian suku cadang pada waktu yang telah ditentukan
- ✓ Overhaul sesuai jadwal

b. Corrective Maintenance

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mengembalikan komponen ke keadaan siap pakai dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang telah menyebabkan merosotnya kemampuan kerja alat produksi, dilaksanakan berdasarkan kepada suatu jadwal tertentu yang telah dibuat sebelumnya atau selama masa inspeksi⁵. Gejala-gejala yang didapatkan dilaporkan kepada kepada pengawas maupun staf produksi agar dapat dilakukan rencana perbaikan. Aktivitas jenis ini akan berkurang, sejalan dengan semakin baiknya kegiatan pemeliharaan pencegahan.

c. Pemeliharaan darurat (breakdown maintenance)

Kegiatan pemeliharaan ini dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan pada peralatan produksi dan biasa disebut dengan reparasi dengan kata lain tidak ada aktivitas pemeliharaan sampai peralatan rusak.

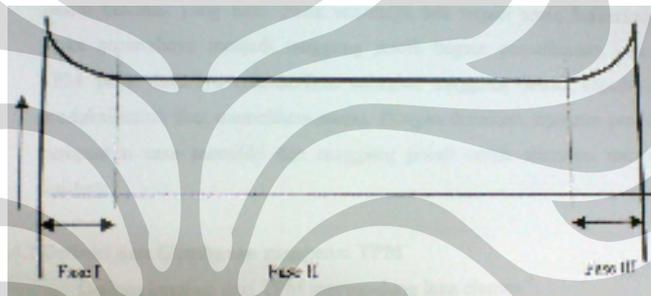
d. Pemeliharaan prediktif

Jenis pemeliharaan ini merupakan kombinasi pemeliharaan pencegahan dan pemeliharaan darurat dengan cara-cara mengefisienkan waktu operasi dan menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu. Pada metode ini, penggantian komponen dilakukan pada waktu komponen hampir rusak, baik dalam keadaan rusak total maupun yang menyebabkan penurunan mutu yang berarti alat produksi bekerja tidak sesuai dengan standarnya. Metode pemeliharaan sangat bergantung pada pengalaman sebelumnya dari alat produksi tersebut. Dengan data-data yang ada, diharapkan dapat diperkirakan secara akurat, berapa lama alat produksi dapat berproduksi dengan baik sebelum dilakukan kegiatan pemeliharaan. Pemeliharaan

⁵ Higgins, Lindley (1995). *Maintenance Engineering Handbook* (5th ed.). New York: Mcgraw-Hill.

prediktif berguna dalam memperkirakan kapan suatu mesin/alat hampir rusak dan kapan benar-benar rusak. Hal ini sangat berguna untuk pertimbangan kebijakan pemeliharaan, seperti keluarnya biaya-biaya dan lain-lain.

Pemeliharaan prediktif dapat digambarkan dalam kurva hidup-mati seperti yang ditunjukkan gambar berikut



Gambar 2.1 kurva hidup mati

Keterangan:

Fase I :periode kerusakan awal

Fase II:periode umur berguna

Fase III:periode memburuk

Pada fase I, kinerja mesin masih sangat baik dan jarang mengalami kerusakan. Mesin-mesin ini mungkin hanya mengalami gangguan ringan karena belum terbiasanya operator dalam menggunakan peralatan tersebut. Pada fase II, mesin mencapai tingkat maksimal produktivitasnya, dan tingkat kerusakan yang rendah.

Pada fase III, mesin telah lama terpakai. Kondisi mesin memburuk dan perbaikan-perbaikan yang dilakukan akan semakin sering. Pada fase inilah jika digunakan sistem pemeliharaan darurat akan mengalami kesulitan yang sangat besar. Oleh karena itu dengan pemeliharaan prediktif maka kerusakan dapat diminimalkan

2.1.3 Maintenance Job Planning dan Scheduling

Planning dan scheduling merupakan fase yang cukup penting dalam MMIS, tetapi harus diperhatikan agar tidak terjadi *overplanning* dan *over scheduling*. Tujuan maintenance planning dan scheduling adalah meminimalkan *idle time maintenance force*; memaksimalkan *efficient use of work time*, material, dan peralatan; mempertahankan *operating* peralatan pada level yang responsif terhadap kebutuhan produksi⁶.

Work order dalam perencanaan dan penjadwalan dapat dibedakan dari beberapa sudut pandang:

- Prioritas paling baik ditentukan oleh orang-orang bagian operasi dan kemudian diberi kode untuk input komputer.
- Berhubungan dengan material, peralatan dan tenaga kerja - jika material tidak tersedia maka harus dipesan; jika peralatan tidak tersedia maka harus ditugaskan.
- Lokasi – apakah kegiatan harus dilakukan di shop / field.

Persyaratan individu untuk posisi perencana dan penyusun jadwal ini adalah:

- Orang yang sepenuhnya familiar dengan metode produksi yang digunakan di seluruh pabrik / dalam area / departemen dimana ia ditugaskan.

⁶ *Ibid*, hal.27.

- Memiliki pengalaman yang cukup yang memungkinkan dia melakukan estimasi buruh, material, peralatan untuk work order yang akan dia proses.

Penting bagi *planner* untuk mengunjungi *field* secara periodik dan mendiskusikan work orders dengan tenaga kerja di *field*. – kegiatan ini dilakukan dengan cara mereview semua work order yang melebihi toleransi tertentu baik dari segi jam kerja (*manhours*) maupun dari segi biaya.

Pabrik yang bagus adalah pabrik yang menempatkan *planner / scheduler* pada lokasi yang sama dengan *maintenance foreman* sehingga dapat mengurangi jarak traveling yang ditempuh jika melakukan inspeksi.

Preplanned work orders dibuat berdasarkan serangkaian standar pemeliharaan. Bagian dari standar pemeliharaan tersebut adalah:

1. Rangkaian kegiatan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan.
2. Daftar pekerjaan dan *manhours* yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut
3. Daftar material dan peralatan yang dibutuhkan.

Standar pemeliharaan memiliki dua fungsi dasar yaitu memfasilitasi estimasi (memastikan bahwa job dilakukan dengan cara paling efisien) dan berkontribusi training (mengindikasikan kepada personel cara mengerjakan proyek). Standar pemeliharaan harus mencakup jumlah pasti jam kerja buruh yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu tugas (dikategorikan berdasarkan kegiatan). Estimasi tersebut digunakan *scheduler* untuk merencanakan tugas yang distandardisasi dan juga sebagai panduan dalam menjadwalkan tugas yang serupa.

Planner harus memiliki kemampuan untuk mendaftarkan semua material dan peralatan yang dibutuhkan work order. *Planner* memandang masalah peralatan seperti ia memandang penjadwalan personel – peralatan juga sewaktu-waktu dapat menjadi *inoperative* karena masalah *maintenance/ malfunction/* masih digunakan oleh proses sebelumnya. *Maintenance planner* juga bertanggung jawab atas keputusan tentang tugas pemeliharaan apa yang lebih baik dikerjakan di *field* atau di *shop*.

Secara umum, *maintenance planner* berusaha memaksimalkan jumlah pekerjaan yang dikerjakan di shop karena biasanya alternatif ini memberikan biaya yang lebih murah.

Hal yang penting dilakukan dalam *maintenance planning-system* adalah mekanisme *feedback* (umpan balik) dimana *planner* menerima info tentang perbedaan antara rencana dengan keadaan aktual. Metode *feedback* yang paling umum adalah:

- Membandingkan *total cost of work order* dengan *estimated cost*.
- Membandingkan *total manhours spent compared* dengan *estimated manhours*.

Maintenance scheduling berguna untuk mengatur rangkaian pekerjaan yang sudah tertulis harus dikerjakan. Kegiatan ini harus memperhatikan: prioritas, ketersediaan material dan peralatan, ketersediaan *craftsmen / maintenance mechanics*

Peraturan utama dalam *maintenance scheduling* adalah:

- Work order tidak dijadwalkan sampai semua material yang dibutuhkan untuk work order tersebut tersedia di pabrik.
- Selalu realistis tentang sumber daya yang tersedia dan *demand* dari

Tujuan sistem prioritas adalah memastikan bahwa pekerjaan yang paling dibutuhkan dijadwalkan paling pertama. Biasanya *priority system* terdiri dari : 4 – 10 level. Beberapa perusahaan menganggap 4 level sudah cukup memadai. *4 level-priority system* tersebut adalah⁷:

- *emergency work*
- *normal maintenance*
- *preventive maintenance*
- *other maintenance*

Kesulitan ditemui bila pabrik memiliki lebih dari 1 *planner / scheduler*. Kriteria dari masing-masing individu tersebut dalam memprioritaskan work order bisa berbeda-beda.

⁷ *Ibid*, hal.34.

Laporan pertama setiap harinya yang digunakan oleh manajemen pemeliharaan adalah *maintenance schedule*. *Maintenance scheduler* harus mengetahui informasi berbasis waktu tentang sumber daya yang tersedia. *Scheduler* juga harus memiliki rencana alternatif yang dapat mempekerjakan pekerja secara efektif pada saat peralatan yang dibutuhkan tidak tersedia.

Laporan kedua adalah *backlog report* – mencakup *total maintenance manhours backlog* yang dikategorikan berdasarkan jenis tugas yang dilakukan. Laporan ini biasanya mendaftar *work order* yang siap untuk dikerjakan dan memiliki prioritas lebih rendah daripada *work order* yang dikerjakan pada hari tersebut.

Laporan ketiga adalah *production schedule* – memberi informasi kepada *maintenance scheduler* tentang apa dan kapan peralatan beroperasi dan kapan peralatan dapat dibebaskan dari operasi untuk kemudian dilakukan pemeliharaan.

2.2 Scheduling Techniques CPM PERT

Gantt Chart adalah alat yang biasa digunakan dalam penjadwalan. Chart ini digunakan pertama kali oleh Henry L. Gantt pada masa Perang Dunia I dalam penjadwalan produksi. Selanjutnya Gantt Chart dikenal dengan Bar Graph dan menjadi alat standar dalam pemeliharaan, proyek, dan penjadwalan produksi.

Network Scheduling, atau dikenal dengan CPM, PERT telah diakui sebagai kemajuan yang penting dalam penjadwalan operasi. Dalam pemeliharaan, *network scheduling* digunakan untuk “*turnaround*”. Dalam industri besar seperti kimia atau power plant, *turnaround* bersifat periodik, hal ini meliputi major overhaul atau preventive maintenance dimana biasanya unit-unit tersebut akan tidak dapat digunakan selama tiga sampai tiga puluh hari. Karena hal tersebut berpengaruh besar terhadap jumlah produksi maka akan sangat menguntungkan bila *downtime* dapat dikurangi, karena itu

pekerjaan ini biasanya dilakukan dalam tiga *shift* dan dikerjakan tujuh hari dalam seminggu, dengan kata lain pekerjaan ini harus dilakukan dalam waktu tercepat yang memungkinkan. Teknik jalur kritis (*the critical plant method*) adalah sebuah cara untuk merencanakan dan menyusun pekerjaan ini.

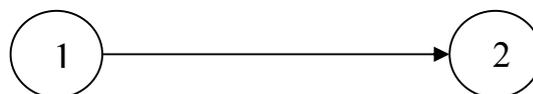
PERT (Program Evaluation and Review Technique) adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan dan konflik produksi; mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan; dan mempercepat selesainya proyek. PERT merupakan metode untuk menentukan jadwal dan anggaran dari sumber-sumber, sehingga suatu pekerjaan yang telah ditentukan lebih dahulu dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Dasar-dasar PERT

Ada dua konsep yang harus diperhatikan dalam PERT:

1. Event: Suatu event (kejadian) adalah suatu keadaan yang terjadi pada saat tertentu.
2. Aktivitas: Suatu aktivitas adalah pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Dalam jaringan PERT, kejadian biasanya digambarkan dalam bentuk lingkaran, dan aktivitas-aktivitas dilukiskan dalam bentuk tanda panah yang menghubungkan dua buah lingkaran. Gambar 2-1 tiap-tiap event menggambarkan titik waktu tertentu; event 1 dapat menggambarkan titik waktu (pekerjaan dimulai), dan event 2 menggambarkan titik waktu (pekerjaan selesai). Tanda panah atau aktivitas yang menghubungkan kedua event ini menggambarkan pekerjaan yang sesungguhnya dikerjakan; ia menggambarkan waktu yang dibutuhkan untuk merencanakan dan melaksanakan pekerjaan yang sebenarnya.



Universitas Indonesia

Gambar 2-1. CPM *event and Activity*

Dari gambar yang sederhana ini kita dapat lihat bahwa event-event ini tidak membutuhkan waktu tetapi hanya merupakan tanda saat dimulai dan berakhirnya suatu aktivitas. Jadi dalam PERT, yang membutuhkan waktu, uang, dan sumber daya lainnya adalah aktivitas-aktivitas bukan event.

Di samping PERT, CPM (Critical Path Method) yakni merupakan metode untuk merencanakan dan mengendalikan proyek, merupakan sebuah metode untuk merencanakan dan mengendalikan sebuah proyek, merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Perbedaan pokok antara CPM dan PERT adalah bahwa CPM memasukan konsep biaya dalam proses perencanaan dan pengendalian. Dalam PERT diasumsikan bahwa besarnya biaya berubah-ubah sesuai dengan lamanya waktu dari semua aktivitas yang terdapat dalam suatu proyek. Jadi jika waktu dalam sebuah proyek berhasil dipersingkat maka diasumsikan bahwa dengan demikian biaya untuk proyek ini juga berhasil diperkecil. Selanjutnya harus juga diasumsikan bahwa penyingkatan waktu selama satu minggu yang dilakukan terhadap suatu aktivitas yang dilakukan di dalam jalur kritis, secara ekonomis sama produktifnya dengan penyingkatan waktu selama satu minggu yang dilakukan terhadap aktivitas-aktivitas lain yang terletak pada jalur-jalur kritis yang lain. Perbedaan penting lain antara CPM dan PERT terletak pada metode untuk menentukan perkiraan waktu. CPM dianggap mempunyai dasar yang lebih kuat sebagai landasan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap aktivitas.

Dengan kata lain jika waktu dapat diperkirakan dengan cukup tepat dan biaya-biaya dapat dihitung sejak semula (misalnya biaya tenaga kerja dan biaya bahan baku), maka lebih menguntungkan jika dipergunakan metode CPM, sebaliknya jika tingkat ketidakpastiannya sangat besar dan pengendaliannya terhadap waktu jauh lebih penting dan diutamakan daripada pengendalian terhadap biaya, maka penggunaan PERT atau salah satu dari variannya adalah pilihan yang tepat.

Dengan menggunakan CPM, manajer dapat melihat keseluruhan proyek sebagai sebuah entitas. Pekerjaan kritis terlihat jelas, dengan itu manajemen dapat dengan segera menerapkan kerja lembur atau cara lain pada pekerjaan kritis tersebut. Cpm harus dilakukan dengan terurut. Sebuah proyek dianalisa dengan memecahkan menjadi beberapa pekerjaan yang terkompos. Jalur kritis adalah jalur dengan waktu paling lama di dalam proyek yang berlangsung. Pekerjaan-pekerjaan dalam jalur ini tidak boleh menemui waktu tunggu (*slack time*); dan tidak dapat disederhanakan begitu saja kecuali dengan melakukan penambahan tenaga kerja, penambahan waktu, atau penambahan perlengkapan kerja. Pekerjaan yang tidak terlibat di dalam jalur kritis, mempunyai waktu tunggu; mereka mempunyai lebih banyak waktu daripada yang diperlukan. oleh karena itu pada kebanyakan proyek, penghematan yang baik dapat dilakukan dengan mengalokasikan *manpower*, *overtime*, atau penambahan perlengkapan kepada pekerjaan kritis, dan dengan mengambil keuntungan dari *slack time* pekerjaan lainnya untuk situasi tertentu.

2.2.1 Resources Leveling

Resource leveling adalah sebuah cara untuk memperbaiki kelebihan sumber daya (*resource overallocated*), *resource overallocated* terjadi pada saat *resource* mempunyai pekerjaan yang harus diselesaikan lebih banyak dari

pada waktu kerjanya. *Resource overallocated* dapat diakibatkan oleh hal-hal seperti berikut:

- *Resource* ditugaskan untuk bekerja *full-time* untuk lebih dari satu pekerjaan pada waktu yang bersamaan.
- Penambahan waktu pekerjaan
- Kurangnya jumlah *resource* yang tersedia
- Keterbatasan *resource* pada waktu tertentu
- Pola Pekerjaan yang berlebihan
- Proyek tidak menghitung waktu lembur

Pada umumnya *resource leveling* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan menunda (*delaying*) sampai sumber daya yang berkaitan dapat melakukannya, dan dengan membagi pekerjaan, sehingga sebagian pekerjaan dilakukan sesuai dengan perencanaan dan sebagian lagi dilakukan pada waktu lain.

Resource leveling dilakukan pada saat terjadi *resource overallocated*, hal ini dapat ditemukan setelah dilakukan penjadwalan pekerjaan pada seluruh informasi pekerjaan. Hal-hal yang perlu diperhatikan saat melakukan project leveling adalah; *slack time*, durasi pekerjaan, batasan pekerjaan, indentitas pekerjaan, prioritas pekerjaan, ketergantungan pekerjaan terhadap *predecessor*, jadwal pekerjaan, dan informasi mengenai *resource* yang terkait seperti; ketersediaan *resource* yang terdapat pada kalender waktu pekerjaan, jumlah maksimal *resource*, dan penugasan *resource* dalam pekerjaan.

2.3 Perencanaan SDM

Pengelolaan biaya proyek adalah membuat perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan sumber daya, baik berupa sumber daya manusia maupun bukan sumber daya manusia, seperti material dan peralatan. Dalam hal ini yang dimaksud

dengan perencanaan sumber daya adalah pengidentifikasi jenis dan jumlah sumber daya sesuai jadwal keperluan yang telah ditetapkan. Tujuan perencanaan tersebut adalah mengusahakan agar sumber daya yang dibutuhkan tersedia tepat pada waktunya, agar tidak terjadi pemborosan.

2.3.1 Jumlah Tenaga Kerja

Secara teoritis, keperluan rata-rata jumlah tenaga kerja dapat dihitung dari lingkup kerja proyek yang dinyatakan dalam jam-orang (*man-hour*) atau bulan-orang (*man-month*) dibagi dalam kurun waktu pelaksanaan, akan tetapi hitungan sederhana seperti di atas tentu tidak sesuai dengan kenyataan sesungguhnya, karena terdapat jadwal kegiatan yang mana akan menimbulkan pemborosan jika langsung digunakan jumlah rata-rata tenaga kerja pada kegiatan dimana seharusnya membutuhkan sedikit tenaga kerja. Oleh karena itu untuk merencanakan tenaga kerja proyek yang realistis perlu diperhatikan bermacam-macam faktor, di antaranya yang terpenting adalah sebagai berikut ini:

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Tenaga kerja periode puncak (*peak*)
3. Perkiraan jumlah tenaga kerja konstruksi di lapangan
4. Meratakan jumlah tenaga kerja guna mencegah gejolak (*fluctuation*) yang tajam.

2.3.2 Produktivitas Tenaga Kerja

Pada umumnya proyek berlangsung dalam kondisi yang berbeda-beda, maka dalam merencanakan tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisa produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhinya. Variabel atau faktor ini misalnya disebabkan oleh kondisi geografis, iklim, keterampilan, pengalaman, ataupun peraturan-peraturan yang berlaku. Variabel di atas

banyak yang bersifat *intangible*, yang sulit dinyatakan dalam bentuk numerik. Dihitung secara matematis boleh dikatakan tidak mungkin. Meskipun demikian perlu diadakan pegangan atau tolak ukur untuk memperkirakan produktivitas tenaga kerja bagi proyek yang hendak ditangani, yaitu untuk mengukur guna atau efisiensi kerja, misalnya dengan membandingkan terhadap suatu norma yang dipakai sebagai patokan.

Variable-variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja di lapangan dapat dikelompokkan menjadi:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu;
2. Supervisi, perencanaan, dan koordinasi;
3. Komposisi kelompok kerja;
4. Kerja lembur;
5. Ukuran besar proyek;
6. Kurva pengalaman;
7. Pekerja langsung versus subkontraktor;
8. Kepadatan tenaga kerja.

Penjelasan dari beberapa uraian dari variabel-variabel di atas adalah sebagai berikut:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu;

Kondisi fisik geografis lokasi proyek, tempat penampungan tenaga kerja yang terawat, serta sarana bantu berupa peralatan konstruksi, amat berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja.

2. Supervisi, perencanaan, dan koordinasi

Supervisi adalah segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan tugas pengelolaan tenaga kerja, memimpin para pekerja dalam pelaksanaan tugas, termasuk penjabaran pelaksanaan dan pengendalian menjadi langkah-langkah pelaksanaan jangka pendek, serta mengkoordinasikan dengan rekan yang terkait. Tugas menjabarkan perencanaan ini memerlukan pengetahuan

yang mendalam mengenai lingkup pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya, dan derajat keterampilan tenaga kerja yang akan melaksanakannya.

3. Komposisi Kelompok Kerja

Pada kegiatan konstruksi, seorang supervisor memimpin suatu kelompok kerja yang terdiri dari bermacam-macam pekerjaan lapangan (*labor craft*). Komposisi kelompok kerja berpengaruh terhadap produktivitas kelompok kerja secara keseluruhan. Yang dimaksud kelompok kerja adalah:

- Perbandingan jam-orang supervisor dan pekerja yang dipimpinnya; dan
- Perbandingan jam-orang untuk disiplin-disiplin kerja dalam kelompok kerja.

Perbandingan jam-orang supervisor dan pekerja yang dipimpinnya, menunjukkan indikasi besarnya rentang kendali (*span of control*) yang dimiliki. Untuk proyek pembangunan industri yang tidak terlalu kompleks dan berukuran sedang ke atas, perbandingan yang menghasilkan efisiensi kerja optimal dalam praktek berkisar antara 1 : 10 – 15. Jam-orang yang berlebihan akan menaikkan biaya, sedangkan bila kurang akan menurunkan produktivitas. Disamping itu, perbandingan jam-orang masing-masing disiplin dalam kelompok juga mempengaruhi produktivitas.

4. Kerja lembur

Acapkali kerja lembur atau jam kerja yang panjang lebih dari 40 jam perminggu tidak dapat dihindari, misalnya untuk mengejar sasaran jadwal, meskipun hal ini menurunkan efisiensi kerja. Dalam memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan kerja lembur, perlu diperhatikan kemungkinan kenaikan total jam-orang.

5. Ukuran besar proyek

Penelitian menunjukkan bahwa besar proyek (dinyatakan dalam jam-orang) juga mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan. Semakin besar ukuran proyek, maka produktivitas akan semakin menurun.

6. Kurva pengalaman

Bila seseorang atau sekelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang identik berulang-ulang, maka diharapkan akan terjadi suatu pengurangan jam per tenaga kerja atau biaya untuk menyelesaikan pekerjaan berikutnya, dibanding dengan yang terdahulu bagi setiap unitnya, dengan kata lain produktivitasnya naik. Konsep yang dikenal dengan kurva pengalaman (*learning curve*) ini didasarkan atas asumsi bahwa seseorang atau sekelompok orang yang mengerjakan pekerjaan relatif sama dan berulang-ulang, akan memperoleh pengalaman dan peningkatan keterampilan, sehingga waktu dan biaya penyelesaian pekerjaan per-unitnya akan semakin berkurang.

7. Kepadatan tenaga kerja

Dalam batas pagar lokasi yang nantinya akan dibangun instalasi proyek, yang juga disebut *battery limits*, ada korelasi antara jumlah tenaga kerja konstruksi, luas area tempat kerja, dan produktivitas. Korelasi ini dinyatakan sebagai kepadatan tenaga kerja (*labor density*) yaitu jumlah luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja. Hal ini disebabkan karena dalam lokasi proyek tempat sejumlah buruh bekerja, selalu ada kesibukan manusia, gerakan peralatan, serta kebisingan yang menyertai. Semakin tinggi jumlah pekerja per area atau semakin sedikit luas area per pekerja, maka semakin sibuk kegiatan per area. Pada akhirnya akan dicapai titik dimana kelancaran pekerja terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas. Titik ini disebut titik jenuh. Dalam perencanaan tenaga kerja, titik jenuh tersebut perlu diperhatikan agar jangan sampai terjadi, khususnya ketika ingin mengejar jadwal penyelesaian. Oleh karena itu perlu direncanakan alokasi tenaga kerja sebanyak mungkin sehingga melampaui titik jenuh. Angka kepadatan tenaga kerja juga dipengaruhi oleh kompleksitas teknis (*technical complexity*) instalasi dan jenis kontrak.

2.3.3 Tenaga Kerja Langsung dan Borongan

Tujuan utama dalam merencanakan jumlah tenaga kerja langsung adalah membuat keseimbangan antara jumlah kebutuhan tenaga kerja dengan jumlah pekerjaan yang tersedia dari waktu ke waktu. Tidak ekonomis untuk memiliki sejumlah besar tenaga kerja pada saat volume pekerjaan sedang menurun ke tingkat yang rendah, dalam waktu yang panjang. Demikian juga sebaliknya, jika tersedia banyak pekerjaan tetapi sulit mencari tenaga kerja proyek yang mengerjakan konstruksi. Untuk itu perlu suatu perencanaan yang teliti dan menyeluruh, mulai dari jumlah, jenis keterampilan, komposisi kelompok kerja (*labor mix*), jadwal kegiatan, sampai pada sumber penyediaan tenaga kerja dan penyelia.

Tenaga konstruksi dapat digolongkan menjadi 2 macam, yaitu penyelia (*supervisor*) atau pengawas dan pekerja atau buruh lapangan (*craft labor*). Jumlah supervisor lebih sedikit (5-10 persen) dibanding pekerja yang diawasi. Meskipun demikian, seringkali jumlah supervisor yang berkualitas yang tersedia di sekitar wilayah proyek amat terbatas. Dilihat dari bentuk hubungan kerja antara pihak yang bersangkutan, tenaga kerja proyek khususnya tenaga kerja konstruksi dibedakan menjadi tenaga kerja langsung dan borongan. Tenaga kerja langsung (*direct hire*) adalah tenaga kerja yang direkrut dan menandatangani ikatan kerja perorangan dengan perusahaan kontraktor. Umumnya diikuti pelatihan, sampai dianggap cukup memiliki pengetahuan dan kecakapan dasar. Tenaga kerja borongan (*labor supplier*) dengan kontraktor untuk jangka waktu tertentu.

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja, dengan memperhatikan jumlah usaha menyeimbangkan antara jumlah tenaga dan pekerjaan yang tersedia, umumnya kontraktor memilih langsung untuk mengkombinasikan tenaga kerja langsung dan borongan. Sedangkan untuk pengawas atau

supervisor yang terampil dan berdedikasi tetap dipertahankan meskipun volume pekerjaannya rendah.

2.3.4 Meratakan Keperluan Tenaga Kerja

Dengan naik turunnya pekerjaan disebabkan ada atau tidaknya kontrak atau usaha yang ditangani, sifat kegiatan proyek bersifat dinamis, dengan akibat jumlah keperluan tenaga kerja berubah-ubah selama siklus proyek, baik kuantitas maupun kualitasnya. Secara teoritis, untuk menjaga efisiensi, maka jumlah tenaga harus disesuaikan dengan perubahan di atas. Tetapi dalam kenyataannya tidaklah mudah untuk melaksanakan kegiatan tersebut, karena perusahaan tidak mungkin melepas dan merekrut tenaga kerja berulang-ulang dalam waktu singkat. Untuk mengatasinya diusahakan dengan sistem multiguna (*multi craft*), yaitu seorang tenaga kerja dilatih dan ditingkatkan kemampuannya agar dapat menangani berbagai macam pekerjaan. Cara lain adalah dengan meratakan pemakaian tenaga kerja (*resource leveling*). Hal ini dilakukan dengan jalan menggeser jadwal pekerjaan yang memiliki *float* (menunggu) sedemikian rupa, sehingga tidak mengganggu proyek secara keseluruhan.

2.3.5 Membuat Histogram Tenaga Kerja

Setelah faktor produktivitas dikaji, maka dapat dimulai membuat histogram dengan langkah-langkah berikut:

- a. Mengkaji dan menentukan lingkup proyek

Terdapat dua pendekatan dalam melakukan perencanaan lingkup proyek, yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Guna memperoleh jadwal yang optimal umumnya digunakan kombinasi antar keduanya.

Untuk proyek berskala kecil, pendekatan *bottom-up* dapat digunakan untuk mengkaji ulang secara efektif kelengkapan unsur-unsur pekerjaan mengingat jumlah pekerjaan relatif tidak terlalu banyak. Pendekatan *bottom-up* dimulai dengan menganalisis lingkup proyek secara rinci lalu memecahkan atau menguraikannya menjadi komponen-komponennya, menjadi paket kerja.

b. Memperkirakan jam-orang dan jadwal pelaksanaan

Organisasi perusahaan *engineering* konstruksi pada umumnya memiliki data atau informasi mengenai perkiraan jam-orang, serta distribusinya untuk melaksanakan suatu pekerjaan tertentu dari lingkup proyek. Bila hal ini tidak tersedia, maka dapat digunakan angka hasil analisis dan perbandingan pekerjaan sejenis yang pernah dilaksanakan.

c. Membuat perkiraan tenaga kerja

Untuk membuat perkiraan jumlah tenaga kerja per bulan dari jumlah jam orang yang diketahui, perlu diperhitungkan berapa lama jam kerja selama seminggu dan efektivitas yang bersangkutan. Distribusi tenaga kerja dan grafik histogram dapat disusun berdasarkan *early start* dan *late start* masing-masing komponen pekerjaan, demikian pula dapat diperbaiki fluktuasinya dengan metode pemerataan penggunaan sumber daya (*resource leveling*). Hasil tabulasi pada histogram yang menggambarkan keperluan tenaga kerja perdisiplin pekerjaan selama implementasi fisik dikenal sebagai *resources spreadsheet* yang amat berguna sebagai lembaran perencanaan dasar tenaga kerja dan bahan pembanding untuk tugas-tugas pengendalian.

2.4 Pemeliharaan Gas Turbin

Inspeksi secara periodik, pekerjaan bengkel, dan penggantian part dibutuhkan untuk memelihara turbin gas. Frekuensi pemeliharaan turbin gas bergantung terhadap jenis bahan bakar, frekuensi start up, dan lingkungan sekitar. Walaupun sistem kontrol melakukan start up dengan cara bertahap atau sesuai dengan prosedur, tetap terdapat dampak pada siklus termal yang mana akan mengurangi umur parts jika terlalu sering dilakukan. Lingkungan sekitar juga dapat mempengaruhi umur parts turbin gas, banyak plants terletak di daerah yang mempunyai kecenderungan mengakibatkan korosi dan abrasi. Garam dari air laut, badai pasir, adalah beberapa contohnya. Bagaimanapun dampak dari keadaan alam ini dapat diminimalkan dengan efisiensi tingkat tinggi pada *air inlet* (saringan udara), *mist eliminator*, dan memilih bahan yang benar untuk lapisan pelindung pada kompresor dan turbin.

Faktor paling penting dalam gas turbine maintenance adalah terletak pada jenis bahan bakar yang digunakan. Gas alam adalah bahan bakar yang paling bersih dan membutuhkan biaya pemeliharaan serta *downtime* yang paling sedikit.

Pada umumnya pelaksanaan *preventive maintenance* terdiri dari beberapa jenis prosedur pemeliharaan yang berbeda:

- *Running inspection*
- *Combusting inspection*
- *Hot-gas-path inspection*
- *Major inspection*

Running inspection, adalah melakukan pekerjaan seperti monitor vibrasi pada rotor dan stator, memeriksa tekanan dan aliran bahan bakar dan memeriksa suhu exhaust.

Pada *combustion inspection*, dilakukan shut down pada unit dan beberapa pekerjaan mekanik diperlukan untuk memperbaiki atau mengganti *parts combustion*, seperti *fuel nozzle*, dan *liners*. inspeksi visual atau boroskop pada *nozzle* turbin dan *buckets* juga dapat dilakukan dalam inspeksi ini.

Sebuah *hot-gas-path inspection* memerlukan dilakukan pembukaan pada tutup turbin.

Begitupun juga pada *major inspection*, pada jenis inspeksi ini, juga dilakukan pembukaan pada tutup kompresor. Tujuan dari *major inspection* adalah membuat turbin ke dalam kondisi seperti baru kembali, *zero time condition*. Pada mesin MS7000 yang dioperasikan dengan gas alam, dilakukan *major inspection* setiap jangka waktu 8000-,24000-, dan 48000-jam operasi, secara berulang.

2.4.1 **Equivalent Availability Factor (EAF)**

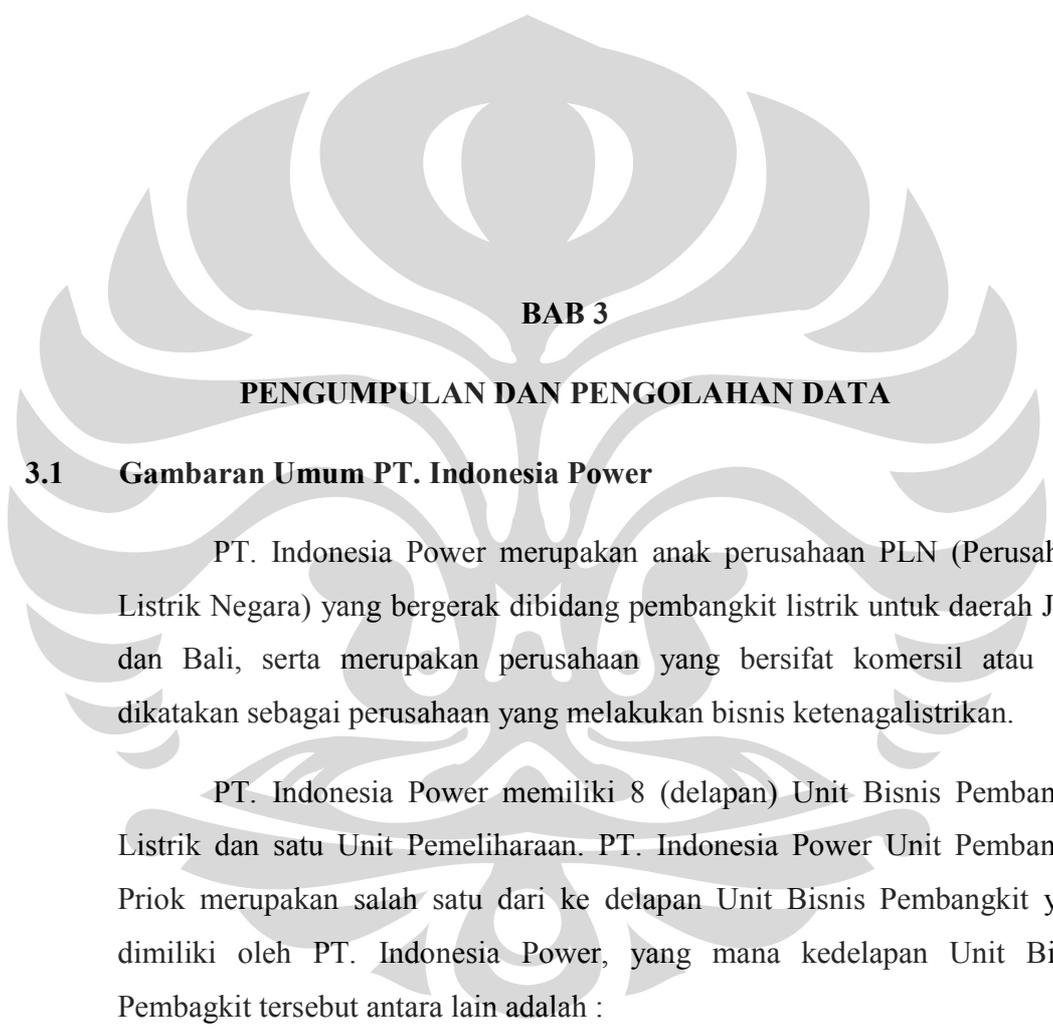
EAF adalah faktor kesiapan unit pembangkit. Nilai EAF berupa perbandingan yang didapat dari kesiapan pembangkit untuk beroperasi (baik dalam kondisi stand by ataupun operasi) dibagi terhadap waktu.

$$EAF = \frac{(PH - \text{Outage Plant} - \text{Dereating})}{PH} \times 100\%$$

PH : *Plant Hour* (dalam jam per tahun/bulan)

Outage Plant : Pembangkit tidak beroperasi

Dereating : Penurunan Kemampuan Operasi



BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Gambaran Umum PT. Indonesia Power

PT. Indonesia Power merupakan anak perusahaan PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang bergerak dibidang pembangkit listrik untuk daerah Jawa dan Bali, serta merupakan perusahaan yang bersifat komersil atau bisa dikatakan sebagai perusahaan yang melakukan bisnis ketenagalistrikan.

PT. Indonesia Power memiliki 8 (delapan) Unit Bisnis Pembangkit Listrik dan satu Unit Pemeliharaan. PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Priok merupakan salah satu dari ke delapan Unit Bisnis Pembangkit yang dimiliki oleh PT. Indonesia Power, yang mana kedelapan Unit Bisnis Pembangkit tersebut antara lain adalah :

1. Unit Bisnis Pembangkit Suralaya
2. Unit Bisnis Pembangkit Priok
3. Unit Bisnis Pembangkit Saguluing
4. Unit Bisnis Pembangkit Kamojang
5. Unit Bisnis Pembangkit Mrica

6. Unit Bisnis Pembangkit Semarang
7. Unit Bisnis Pembangkit Perak dan Grati
8. Unit Bisnis Pembangkit Bali.

3.2 Gambaran Umum UBP Priok

PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkit Priok merupakan salah satu UBP besar yang dimiliki oleh PT. Indonesia Power. Saat ini terpasang 20 pembangkit, terdiri dari empat unit PLTG siklus terbuka, enam unit PLTD, dua blok PLTGU yang setiap bloknnya terdiri dari tiga unit turbin gas, dan satu unit PLTU serta dua unit PLTU konvensional.

3.3 Sejarah PT. Indonesia Power

Pada awal tahun 1990an, pemerintah Indonesia mempertimbangkan perlunya deregulasi pada sektor ketenagalistrikan. Langkah arah deregulasi tersebut diawali dengan berdirinya Paiton Swasta I, yang dipertegas dengan dikeluarkannya Keputusan Presiden no. 37 tahun 1992 tentang pemanfaatan sumber daya swasta melalui pembangkit-pembangkit listrik swasta. Kemudian pada akhir tahun 1993, Menteri Pertambangan dan Energi menerbitkan kerangka dasar kebijakan (sasaran dan kebijakan pengembangan sub sektor ketenagalistrikan) yang merupakan pedoman jangka panjang restrukturisasi sektor ketenagalistrikan. Sebagai penerapan tahap awal, pada 1994 PLN diubah statusnya dari perum menjadi persero. Setahun kemudian, tepatnya pada 3 Oktober 1995, PT.PLN (persero) membentuk dua anak perusahaan yang tujuannya untuk memisahkan misi sosial dan misi komersial yang diemban oleh Badan Usaha Milik Negara tersebut. Salah satu dari anak perusahaan itu adalah Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali I, atau lebih dikenal dengan PLN PJB I. Anak perusahaan ini ditujukan untuk menjalankan

usaha komersial pada bidang pembangkitan tenaga listrik dan usaha-usaha lain yang terkait. Pada 3 Oktober 2000, bertepatan dengan ulang tahunnya yang kelima, Manajemen Perusahaan secara resmi mengumumkan perubahan nama PLN PJB I menjadi Indonesia Power. Perubahan nama ini merupakan upaya untuk menyikapi persaingan yang semakin ketat dalam bisnis ketenagalistrikan dan sebagai persiapan untuk privatisasi perusahaan yang akan dilaksanakan dalam waktu dekat

Walaupun sebagai perusahaan komersil dibidang pembangkitan baru didirikan pada pertengahan 1990an, Indonesia Power menawar isi berbagai aset berupa pembangkit dan fasilitas-fasilitas pendukungnya. Pembangkit-pembangkit tersebut memanfaatkan teknologi modern berbasis komputer dengan menggunakan berbagai energi primer seperti air, batubara, panas bumi dan sebagainya. Namun demikian dari pembangkit-pembangkit tersebut ada pula pembangkit paling tua Indonesia seperti PLTA Plengan, PLTA Ubrug, PLTA Ketenger dan sejumlah PLTA lainnya yang dibangun pada tahun 1920an dan sampai sekarang masih beroperasi. Dari sini dapat dipandang bahwa secara kesejarahan pada dasarnya usia PT Indonesia Power sama dengan keberadaan listrik di Indonesia.

3.4 Sejarah Singkat UBP Priok

Pertengahan tahun 1960, dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik di Jakarta dan Jawa Barat pada umumnya, maka PLN ekspolrasi XIII membangun PLTU 1 dan 2 dengan kapasitas 2×25.000 kW. Namun pada tahun 1989, dengan mempertimbangkan berbagai faktor maka PLTU 1 dan 2 tidak beroperasi lagi.

Pesatnya pembangunan disegala bidang khususnya industri maka di tahun 1972, dibangun dua unit PLTU 3 dan 4 berkapasitas 2 x 50.000 kW. Setelah sekian lamanya dioperasikan unit ini pada kondisi *Reverse Shut Down*.

Berikutnya dibangun PLTG John Brown dengan kapasitas 20.000 kW, kini dipergunakan oleh PLTA Suralaya untuk unit *Black Start*, lalu dibangun lagi dua unit PLTG *Weesting House* dan *General Electirc* (GE) 4, 5, 6, 7. Saat ini hanya ada empat unit karena unit 6 dikontrak oleh Caltex, sedangkan unit 7 *Draw Back to GE*.

Hal penting yang harus diketahui adalah terdapatnya 2 unit PLTG yaitu, PLTG 1 dan PLTG 3 yang dapat dihidupkan tanpa menggunakan energi listrik dari luar (*Black Start*), apabila terjadi pemadaman total (*Black Out*), energi listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk menghidupkan unit pembangkit lainnya, Kemampuan ini sangat menunjang dalam rangka pemulihan kembali sistem kelistrikan Jawa-Bali. Karena fungsinya sangat vital, kedua unit ini tidak dioperasikan setiap hari.

Selain tempat unit PLTG tersebut, Unit Pembangkit Priok juga mengelola enam unit PLTD Senayan kapasitasnya masing-masing sebesar 2.520 kW, beroperasi tahun 1961. PLTD unit 2 dan 6, tahun 1986 diganti dengan kapasitas yang lebih besar yaitu 2 x 3000 kW. PLTD Senayan Kebayoran melalui *feeder Vip* hingga saat ini memasok kebutuhan energi listrik kegedung MPR, Stadion Olahraga Senayan dan TVRI.

Tanggal 25 Maret 1992, menyertakan Konsorsium Internasional ABB dan Marubeni untuk membangun dua blok PLTGU dengan kapasitas 1.180 MW, dengan demikian energi listrik yang diproduksi oleh UBP Priok sekitar 7.500.000.000 kW/tahun. Setiap hari dihasilkan energi listrik sebesar 20.500.000 kW atau sekitar 11% dari keperluan energi total sistem kelistrikan Jawa-Bali. Dengan menggunakan kabel bawah tanah listrik sebesar 150 kV disalurkan ke GI Plumpang dan GI Ancol. Selain itu listrik juga dialirkan

melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV ke Kemayoran I/II, Plumpang I/II, Pegangsaan I/II, serta ke daerah-daerah sekitar UBP Priok, seperti Plumpang, Ancol dan Pulo Gadung, juga pendistribusikan ke daerah Jakarta bagian Barat dan Timur, dalam hal ini juga UBP Priok berada dalam jaringan Interkoneksi dengan cabang-cabang Unit Pembangkit lainnya seperti UBP Suralaya, UBP Saguling, UBP Semarang, dan UBP lain yang merupakan Unit Bisnis Pembangkit PT. Indonesia Power sampai dengan UBP Bali.

Keberhasilan PLTGU Priok meraih sertifikat ISO 9002 adalah bukti nyata kemampuan manajemen perusahaan mengembangkan usahanya secara efisien dan modern. ISO 9002 merupakan sertifikat yang diberikan lembaga Internasional kepada berbagai perusahaan di dunia yang dianggap baik pengelolaannya.

3.4.1 Lokasi Dan Luas Wilayah UBP Priok

Unit Bisnis Pembangkit Priok menempati lahan seluas 28 Ha, di tepi pantai Utara Jakarta. Lokasi dari PLTG, PLTU dan PLTGU Priok secara administratif terletak di Jl. R.E. Martadinata, kelurahan Tanjung Priok-Jakarta Utara. Sebelah Utara dibatasi dengan Laut Jawa, sebelah Timur dengan Kali Japat yang merupakan perbatasan dengan Pelabuhan Nusantara, sebelah Selatan dibatasi oleh Kali Japat (terusan Kanal Ancol) yang berbatasan dengan galangan kapal dan sebelah Barat berbatasan dengan Ancol.

3.5 Profil Perusahaan

Filosofi Perusahaan

1. Mengutamakan Pasar dan Pelanggan.
2. Menciptakan keunggulan Untuk Memenangkan Persaingan.
3. Memelopori Pemanfaatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

4. Menjunjung Tinggi Etika Bisnis.
5. Memberi Penghargaan atas Prestasi.

Visi, Misi, Motto dan Paradigma Perusahaan

- Visi

Menjadi perusahaan publik dengan kinerja kelas dunia dan bersahabat dengan lingkungan

- Misi

Melakukan usaha dalam bidang ketenagalistrikan serta mengembangkan usaha-usaha lainnya yang berkaitan, berdasarkan kaidah industri dan niaga yang sehat, guna menjamin keberadaan dan pengembangan perusahaan dalam jangka panjang.

3.5.1 Tujuan Perusahaan

- Menciptakan mekanisme peningkatan efisiensi yang terus menerus dalam penggunaan sumber daya perusahaan.
- Meningkatkan pertumbuhan perusahaan secara berkesinambungan dengan bertumpu pada usaha penyediaan tenaga listrik dan sarana penunjang yang berorientasi pada permintaan pasar yang berwawasan lingkungan.
- Menciptakan kemampuan dan peluang untuk memperoleh pendanaan dari berbagai sumber yang menguntungkan.
- Mengoperasikan pembangkit tenaga listrik secara kompetitif serta mencapai standar kelas dunia dalam hal keamanan, kehandalan, efisiensi maupun kelestarian lingkungan.

-

3.5.2 Profil Unit Bisnis Pembangkit Priok

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah Jawa Barat dan Jakarta, pada akhir tahun 1960an dibangun dua pembangkit listrik tenaga uap yang masing-masing berkapasitas 25 MW yang bernama PLTU-1 dan PLTU-2. Selanjutnya, pada tahun 1972 dibangun lagi 2 unit PLTU dengan kapasitas masing-masing 50 MW, yang diberi nama PLTU-3 dan PLTU-4. sejak tahun 1989, PLTU-1 dan PLTU-2 tidak dioperasikan lagi karena dianggap tidak efisien. Sesuai dengan kebutuhan energi listrik, maka pada pertengahan tahun 1970an, Perusahaan Listrik Negara membangun beberapa pembangkit, diantaranya ialah 7 unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dengan kapasitas yang beragam, yaitu 20-50 MW. Akan tetapi, pada awal tahun 1990an, kebutuhan akan listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan ekonomi Indonesia yang cukup pesat. Untuk menangani masalah tersebut, maka PLN membangun lagi beberapa buah Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) secara bersamaan. Salah satunya ialah kompleks PLTGU Priok yang berada dalam pengelolaan UBP Priok.

3.5.3 Susunan Organisasi Unit Bisnis Pembangkitan Priok

UBP Priok dipimpin oleh seorang General Manager yang dibantu oleh enam orang Manager yang bertanggung jawab pada bidangnya masing-masing dan seorang Supervisor Senior untuk menangani PLTD Senayan.

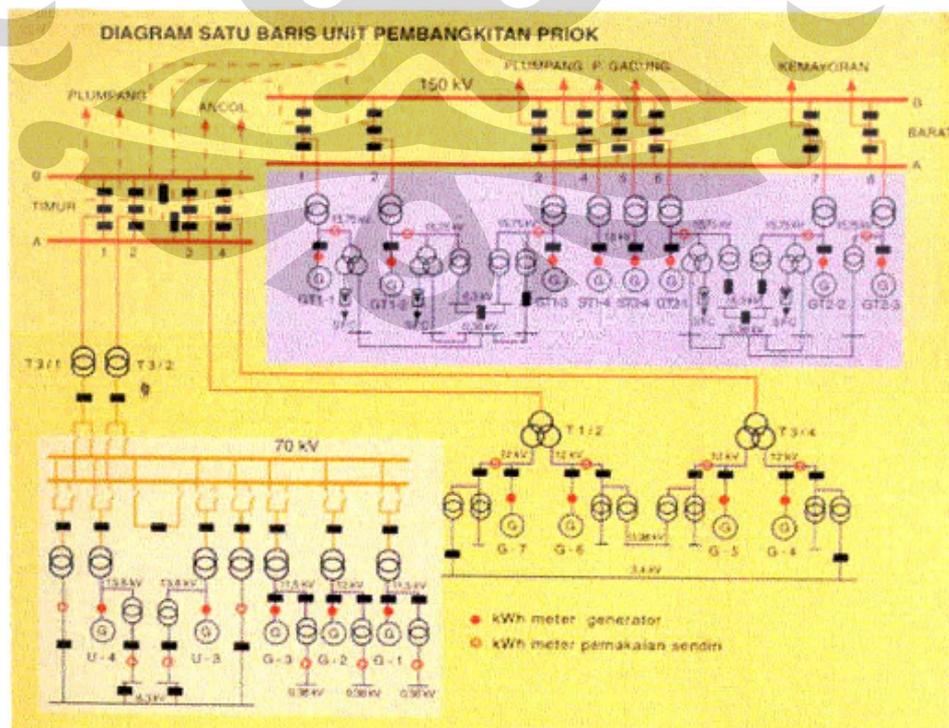
Keenam Manager tersebut adalah :

1. Manager Operasi dan Niaga.
2. Manager Pemeliharaan.
3. Manager Logistik.
4. Manager Sistem dan SDM.
5. Manager Keuangan.
6. Manager Humas.

Masing-masing Manager bidang dibantu oleh beberapa Supervisor Senior yang bertanggung jawab pada unit masing-masing. Struktur organisasi terdapat pada lampiran

3.5.4 Peranan UBP Priok Dalam Sistem Kelistrikan Jawa-Bali

Listrik yang dibangkitkan di UBP priok adalah sebesar 7.500.000.000 KWh pertahun, atau rata-rata 20.000.000 KWH per harinya dan jumlah itu menyumbang 11% dari jumlah keseluruhan kebutuhan listrik Jawa-Bali. Daya sebesar itu disalurkan ke gardu induk 150 KV dengan menggunakan kabel bawah tanah (*underground cable*) 150 KV, yaitu ke GI Plumpang dan GI Ancol. Akan tetapi pada saat sekarang ini, kabel bawah tanah ke arah GI Plumpang telah rusak, sehingga untuk penyalurannya digantikan dengan menggunakan hantaran udara. Selain itu, hantaran udara 150KV juga digunakan untuk menyalurkan daya ke arah GI Kemayoran dan GI Pegangsaan. Dari GI-GI tersebut sistem pembangkit menjadi terinterkoneksi dengan Jawa-Bali. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada diagram berikut ini:



sia

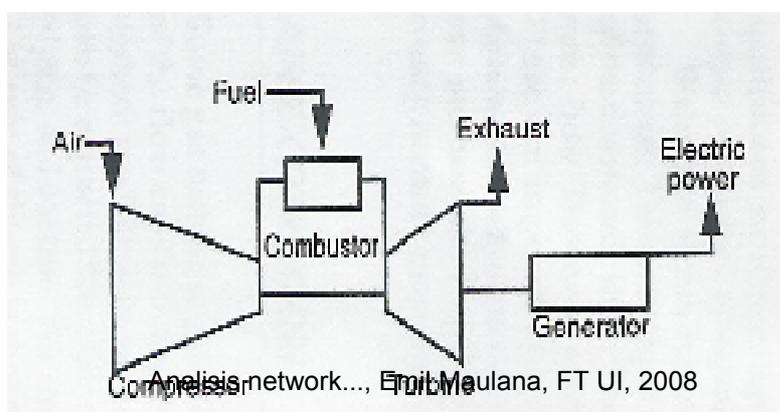
Gambar 3.1 : Diagram Satu Baris Unit Pembangkitan Priok

3.6 Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas (PLTGU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas adalah gabungan antara dua jenis pembangkit listrik, yakni PLTU dan PLTG.

Pada pembangkit terdapat dua komponen yang paling utama dalam menghasilkan listrik, mesin penggerak berupa turbin atau motor pada pembangkit diesel, dan generator. Semua jenis pembangkit mulai dari PLTU, PLTA, PLTD, PLTP, PLT Angin, PLT Matahari mempunyai turbin dan generator. Generator adalah penghasil listrik. Generator menghasilkan listrik karena berputar sehingga menghasilkan beda potensial pada medan magnetnya. Generator berputar karena turbin berputar. Generator dan turbin adalah dua benda dengan satu poros yang sama, sehingga jika turbin berputar otomatis generator ikut berputar. Turbin diputar oleh berbagai macam hal, tergantung jenis pembangkitnya, kalau PLTU, turbin diputar oleh uap, PLTA diputar oleh air, PLTG diputar oleh gas.

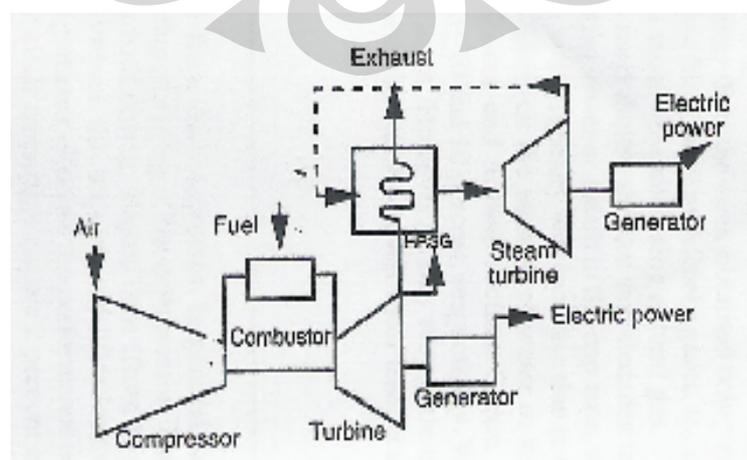
Dalam prosesnya bahan bakar untuk memutar turbin pada PLTG bukanlah murni gas alam tetapi, melainkan gas hasil dari proses pembakaran. Perlu diketahui bahan bakar dari PLTG bukan hanya gas alam saja, tetapi bisa menggunakan HSD (High Speed Diesel) ataupun MFO (Marine Fuel Oil). Penjelasan siklus PLTG dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3-2 PLTG (Simple Cycle)

Siklus PLTG dimulai dari pengambilan udara oleh *compressor*. Di dalam kompresor udara diolah sehingga suhunya naik. Lalu udara yang suhunya telah dinaikan tersebut dimasukkan kedalam *combustion* atau ruang bakar, bersamaan dengan bahan bakar (gas atau BBM). Pembakaran menghasilkan gas bertekanan dan bersuhu tinggi (sekitar 2000°C). Gas dengan tekanan dan suhu inilah yang membuat turbin berputar, sehingga generator ikut berputar dan menghasilkan listrik. Setelah memutar turbin, gas panas tersebut dibuang ke atmosfer. Siklus seperti ini disebut *Open Cycle*, yaitu dimana gas buang hasil pembakaran, dibuang begitu saja. Suhu dan tekanan gas yang dibuang tersebut masih cukup tinggi, berkisar antara 500°C sehingga sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk menguapkan air, lalu uapnya dapat digunakan untuk memutar turbin.

Atas dasar pemikiran seperti itu maka ada dibuat yang namanya PLTGU, siklus PLTGU terdapat pada gambar berikut:



itas Indonesia

gambar 3.3 PLTGU (Combined Cycle)

Siklus kerja awal sama dengan PLTG. Udara ditangkap melalui kompresor, tekanan dan suhunya dinaikan, lalu dibakar bersama bahan bakar. Gas hasil pembakaran digunakan untuk memutar turbin, Setelah memutar turbin, gas buang ini masuk ke dalam sebuah unit yang bernama HRSG (Heat Recovery Steam Generator). Pada PLTU fungsi HRSG hampir sama dengan boiler. Hanya saja jika pada boiler terjadi proses pembakaran secara langsung, sedangkan pada HRSG yang terjadi adalah proses pemindahan panas memanfaatkan gas buang dari PLTG. Dari HRSG dihasilkan uap kering yang memutar turbin uap. Setelah memutar turbin, uap air diembunkan oleh kondensor dan masuk kembali ke hotwell.

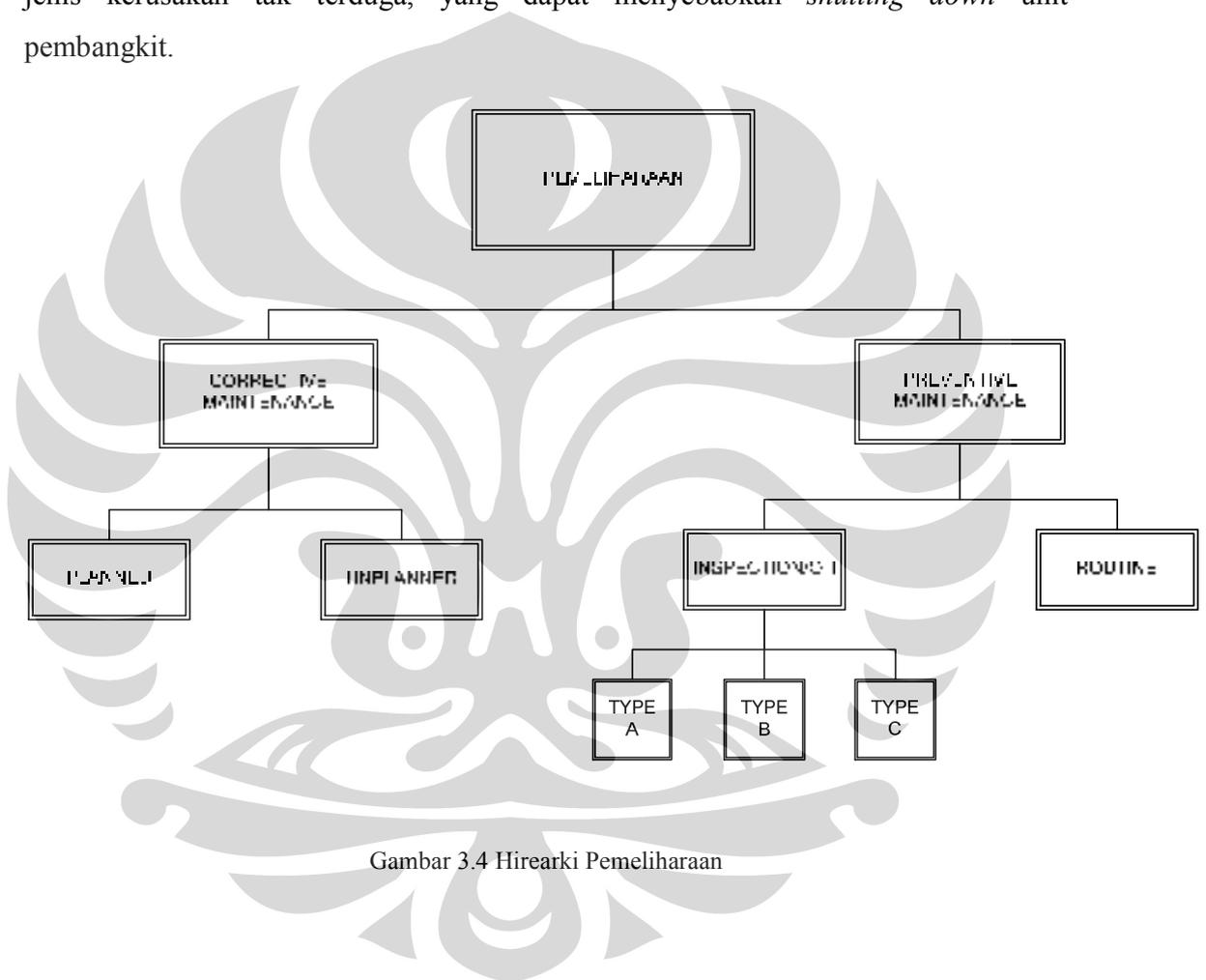
Siklus kerja PLTGU ini disebut dengan *combined cycle*. Dengan adanya PLTGU maka biaya produksi listrik menjadi lebih efisien karena tanpa memerlukan bahan bakar lagi, unit ini mampu menghasilkan listrik lagi dengan nilai produksi yang cukup besar. Daya maksimal yang dapat dihasilkan dari gas buang ini dapat mencapai 60% dari daya yang dihasilkan oleh turbin gas.

PLTGU Tanjung Priuk mengoperasikan dua blok PLTGU yang setiap bloknya terdiri dari tiga unit turbin gas, dan satu unit PLTU serta dua unit PLTU konvensional.

3.7 Proses Pemeliharaan Turbin Gas PLTGU

Proses pemeliharaan pembangkit listrik yang dilakukan pada UBP Tanjung Priuk secara garis besar terdiri dari *Corrective Maintenance* dan *Preventive Maintenance*, dan *Predictive Maintenance*. *Corrective Maintenance* dilakukan bila terdapat gangguan atau kerusakan yang tidak terduga terhadap mesin-mesin

pembangkit, jenis pemeliharaan ini dibagi menjadi dua kategori yaitu, *Planned* dan *Unplanned*. *Planned* merupakan jenis gangguan atau kerusakan yang tidak mempengaruhi kinerja pembangkit, sehingga kerusakan tersebut tidak mengurangi kesiapan (*availability*) pembangkit dengan mengesampingkan efisiensi, seperti misalnya: bocornya pompa uap. Sedangkan *Planned corrective maintenance* adalah jenis kerusakan tak terduga, yang dapat menyebabkan *shutting down* unit pembangkit.



Gambar 3.4 Hierarchy Pemeliharaan

Preventive Maintenance yang dilaksanakan pada UBP Tanjung Priok, dibagi menjadi dua bagian yaitu *Inspection* atau *OverHaul* dan *Routine maintenance*. *Inspection* (inspeksi) atau *overhaul* hanya dilakukan terhadap mesin-mesin utama pembangkit seperti, gas turbin, steam turbin, HRSG. Inspeksi dibagi lagi menjadi tiga tipe inspeksi yaitu *type A*, *type B*, dan *Type C*. Klasifikasi ketiga tipe inspeksi

tersebut adalah dilakukan berdasarkan jam kerja mesin (EOH) dan waktu pelaksanaan inspeksi. Type A dilakukan apabila jam kerja mesin mencapai 4000 EOH dilakukan dalam 8 hingga 10 hari, Type B dilakukan apabila jam kerja mesin sudah mencapai 8000 EOH dan waktu pelaksanaan selama 12 hari, Type C dilaksanakan apabila jam kerja mesin mencapai 24000 EOH waktu pelaksanaannya 45 hari.

Inspeksi type A hampir tidak pernah dilakukan karena dianggap tidak mempengaruhi kesiapan pembangkit. Inspeksi type B dan C dilakukan dengan memberhentikan pembangkit (shutdown) dan dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang dibuat oleh bagian Perencanaan Pemeliharaan. Dalam melaksanakan inspeksi terdapat tiga divisi yang melakukan pekerjaan teknis pemeliharaan, yaitu pekerjaan mekanik, pekerjaan listrik, dan pekerjaan kontrol instrumen.

Tabel 3.1 Klasifikasi OverHaul (Major Inspection) PLTGU

Inspection Type	Definition	SS
Type A	4000 EOH, 8-10 days	Operator
Type B	8000 EOH, 12 days	Mekanik, listrik, kontrol instrumen
Type C	24000 EOH, 45 days	Mekanik, listrik, kontrol instrumen

3.7.1 Pemetaan Preventive Maintenance dan Inspeksi

Menurut standar prosedur, kegiatan preventive maintenance dan jenis-jenis kegiatan di dalam inspeksi tipe A, B, dan C dipetakan berturut-turut sebagai berikut:

Tabel 3-2. Pemetaan Preventive maintenance

Fase Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan
1. Men-generate PM yang jatuh tempo	Work Order Tracking PM, Work Plan Operation, Labor, Tools, and Materials	Supervisor Senior Pemeliharaan dan Operasi	Manajer Pemeliharaan	Melihat jadwal PM, apabila tiba waktunya untuk dilakukan inspeksi, Supervisor Senior Pemeliharaan dan Operasi membuat WO untuk melakukan kegiatan inspeksi agar PM dilaksanakan sesuai jadwal. Jadwal inspeksi PM yang terjadwal biasanya adalah jenis inspeksi tipe B dan C. Menentukan rencana kegiatan pemeliharaan, Jumlah tenaga kerja, peralatan apa saja yang digunakan, dan material apa saja yang dibutuhkan. Status WO WSCH (Schedule)
2. Memberikan WO kepada pelaksana	WO	Supervisor Mekanik, Supervisor Listrik, Supervisor		WO dicetak dan diberikan kepada pelaksana, pelaksana adalah pekerja yang melakukan tugas pemeliharaan di lapangan, yang terdiri dari tiga unit, yaitu Unit Mekanik, Unit Listrik, dan Unit Kontrol Instrumen

		Kontrol Instrumen		Status WO APPR (Approved)
3. Pelaksana meminta izin ke Site Operator	WO	Pelaksana	Supervisor Operator	Pelaksana kegiatan pemeliharaan preventif terjun ke areal pembangkit yang akan dilakukan pemeliharaan, lalu meminta izin kepada Supervisor Operator site yang bersangkutan untuk melakukan kegiatan pemeliharaan Status WO INPRG (In Progress)
4. Melaksanakan kegiatan Pemeliharaan preventif		Pelaksana		Kegiatan pemeliharaan preventif dilaksanakan dengan melibatkan operator mesin yang bersangkutan untuk mencatat dan memasang tagging bila diperlukan
5. Melakukan pengujian		Pelaksana dan operator		Pelaksana melapor kepada Supervisor Operator bahwa kegiatan pemeliharaan preventif telah selesai dilaksanakan, lalu dilakukan pengujian mesin oleh pelaksana dan operator, bila pengujian baik, operator melepas tagging.

Tabel 3-2 (lanjutan). Pemetaan Preventive maintenance

6. Membuat laporan hasil pelaksanaan	Long Description, laporan operasi, tenaga kerja, material, dan peralatan	Pelaksana dan unit-unit pemeliharaan	Pelaksana membuat laporan hasil pelaksanaan pemeliharaan preventif, dan tiap unit pemeliharaan mengisi data berupa banyak material yang digunakan, jumlah tenagakerja yang digunakan, operasi apa saja yang dilakukan, dan apa saja instrumen yang diganti.
--------------------------------------	--	--------------------------------------	---

Tabel 3.3 pemetaan inspeksi tipe A

Fase Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan
Mempersiapkan alat dan perlengkapan kerja	WO inspeksi tipe A	Supervisor pemeliharaan		Mempersiapkan berbagai macam perlengkapan dan alat-alat yang diperlukan untuk melakukan kegiatan inspeksi tipe A.
Memberi tagging		Operator site	Supervisor site	Operator mesin bersangkutan melakukan tagging terhadap mesin, sebagai tanda bahwa pada mesin tersebut sedang dilakukan pemeliharaan
Melakukan pembongkaran	WO inspeksi tipe A	Pelaksana	Manajer Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pembongkaran enclosure • Pembongkaran piping pada top combustor

Tabel 3.3 (lanjutan) pemetaan inspeksi tipe A

				<ul style="list-style-type: none"> • Pengangkatan servo bahan bakar dan burner
<p>Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan</p>	<p>Pelaksana</p>	<p>Manajer Pemeliharaan</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Pemeriksaan fuel nozzle • Pemeriksaan dan perbaikan combustor chamber • Pemeriksaan TULA 1, TULE 1, TULA 5, dan VELA 1 • Pemeriksaan dan pembersihan air intake dan VIGV • Pemeriksaan exhaust diffuser and stack damper • Rotor baring • Blow out • Pemasangan burner, servo dan piping • Kalibrasi fuel servo untuk gas dan HSD

Melakukan pemeriksaan atas hasil inspeksi perbaikan	Pelaksana	Manajer Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> • Misfiring test • Minimum flow run test • Pengujian proteksi turbin • Start unit sampai full speed no load dan dilanjutkan dengan comercial operation
Membuat laporan atas inspection A	Commisioning	Manajer Pemeliharaan	Membuat laporan atas kegiatan-kegiatan apa saja, yang dilakukan pada inspeksi

Tabel 3.4 Pemetaan Inspeksi Tipe B

Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan
Mempersiapkan alat dan perlengkapan	WO inspeksi tipe B	Supervisor pemeliharaan		Mempersiapkan berbagai macam perlengkapan dan alat-alat yang diperlukan untuk melakukan

kerja				kegiatan inspeksi tipe A.
Memberi tagging		Operator site	Supervisor site	Operator mesin bersangkutan melakukan tagging terhadap mesin, sebagai tanda bahwa pada mesin tersebut sedang dilakukan pemeliharaan
Melakukan pembongkaran (pekerjaan mekanik)	WO mekanik inspeksi tipe B	Pelaksana (mekanik)	Senior Supervisor Mekanik	<ul style="list-style-type: none"> • Pembongkaran enclosure • Pembongkaran piping pada top combustor • Pengangkatan servo bahan bakar dan burner • Pembongkaran, pemeriksaan dan perbaikan fuel nozzle • Pembongkaran, pemeriksaan dan perbaikan combustor chamber

Tabel 3.4 (lanjutan) pemetaan inspeksi tipe B

Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan mekanik)	Pelaksana (mekanik)	Senior Supervisor Mekanik	<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan pemeriksaan TULA 1, TULE 1, TULA 5, dan VELA 1 • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan air intake dan VIGV • Lakukan pemeriksaan exhaust diffuser an stack damper 	
Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan

Tabel 3.4 (lanjutan) pemetaan inspeksi tipe B

<p>Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan listrik)</p>		<p>Pelaksana (listrik)</p>	<p>Senior Supervisor listrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan module 52G • Lakukan pengujian relay REG 216 • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan module SFC, excitacy, dan battery charger • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan battery • Lakukan pemeriksaan fire protection system • Lakukan pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster • Lakukan pembersihan main transformer • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang • Lakukan pemeriksaan LV distributor panel
--	--	----------------------------	----------------------------------	---

Tabel 3.4 (lanjutan) pemetaan inspeksi tipe B

<p>Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan kontrol instrumen)</p>		<p>Pelaksana (kontrol instrumen)</p>	<p>Senior Supervisor mekanik</p>	<p>(400V)</p>
				<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan pemeriksaan T/C • Lakukan pemeriksaan T/T • Lakukan pemeriksaan P/I • Lakukan pemeriksaan P/S • Lakukan pemeriksaan P/T • Lakukan pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV • Lakukan pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD

Tabel 3.5 Pemetaan Inspeksi Tipe C

Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan
Melakukan pemeriksaan atas hasil inspeksi perbaikan	inspeksi tipe B	Comissioning	Manajer Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> • • Lakukan rotor barring • Lakukan blow out • Lakukan pemasangan burner, servo dan piping • Lakukan kalibrasi fuel servo gas dan HSD • Lakukan misfiring test • Lakukan minimum flow run test • Lakukan pengujian proteksi turbin • Lakukan off line cleaning compressor • Lakukan start unit sampai full speed no load dilanjutkan dengan comercial operation

Membuat laporan atas inspection B		Commissioning	Manajer Pemeliharaan	Membuat laporan atas kegiatan-kegiatan apa saja yang dilakukan selama inspeksi
-----------------------------------	--	---------------	----------------------	--

Tabel 3.5 (lanjutan) Pemetaan Inspeksi Tipe C

Fase Aktivitas	Dokumen	Originator	Persetujuan	Keterangan
Mempersiapkan alat dan perlengkapan kerja	WO inspeksi tipe C	Supervisor pemeliharaan		Mempersiapkan berbagai macam perlengkapan dan alat-alat yang diperlukan untuk melakukan kegiatan inspeksi tipe A.
Memberi tagging		Operator site	Supervisor site	Operator mesin bersangkutan melakukan tagging terhadap mesin yang terkait, sebagai tanda bahwa pada mesin tersebut sedang dilakukan pemeliharaan
Melakukan pembongkaran	WO mekanik inspeksi tipe C	Pelaksana (mekanik)	Senior Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Lakukan pembongkaran enclosure, burner dan isolasi turbin

(pekerjaan mekanik)?		Mekanik	<ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran piping pada top combustor • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran upper casing turbine • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran upper casing compressor • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran upper HGC • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran upper blade carrier • <input type="checkbox"/> Lakukan pengangkatan rotor • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran lower HGC • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran lower blade carrier • <input type="checkbox"/> Lakukan pemeriksaan dan pembersihan burner • <input type="checkbox"/> Lakukan pemeriksaan dan pembersihan combustor chamber • <input type="checkbox"/> Lakukan pemeriksaan dan perbaikan HGC
Tabel 3.5 (lanjutan) Pemetaan Inspeksi Tipe C			

Tabel 3.5 (lanjutan) Pemetaan Inspeksi Tipe C

				<ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran C, entry, dan heat shield segment • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran TULE • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran TULA • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran VELE dan VIGV • <input type="checkbox"/> Lakukan pembongkaran VELA
<p>Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan mekanik)</p>	<p>Pelaksana (mekanik)</p>	<p>Senior Supervisor Mekanik</p>		<ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> Lakukan pemasangan/penggantian TULE • <input type="checkbox"/> Lakukan pemasangan/penggantian TULA • <input type="checkbox"/> Lakukan pemasangan/penggantian VELA • Pemasangan/penggantian VELE dan VIGV • Pemasangan/penggantian C, entry dan heat shield segment • Pemeriksaan dan pembersihan compressor vane & blade • Pemeriksaan dan pembersihan auxiliary equipment

Menjalankan pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan listrik)	Pelaksana (listrik)	Senior Supervisor listrik	<ul style="list-style-type: none"> • Overhaul generator • Pemeriksaan dan pembersihan module 52G • Pengujian relay REG 216 • Pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger • Pemeriksaan dan pembersihan battery • Pemeriksaan fire protection system • Pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster • Pembersihan main transformer • Pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang • Pemeriksaan LV distributor panel (400V)
Menjalankan	Pelaksana	Senior	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeriksaan T/C, T/T

<p>pemeriksaan dan perbaikan (pekerjaan kontrol instrumen)</p>		<p>(kontrol instrumen)</p>	<p>Supervisor Kontrol Instrumen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeriksaan P/T, P/I, F/T, L/T • Pemeriksaan flame detector, vibration pick up • Pemeriksaan P/S, T/S • Pemeriksaan selenoid • Pemeriksaan angle transmitter VIGV • Pemeriksaan servo valve bahan bakar gas & HSD
<p>Memasang Thermal Block</p>		<p>Pelaksana (mekanik)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan lower HGC • Pemasangan lower blade carrier • Grinding rotor dan stator • Pemasangan rotor • Pemasangan upper blade carrier dan upper HGC • Pemasangan upper casing turbine-compressor

Tabel 3.5 (lanjutan) Pemetaan Inspeksi Tipe C

				<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan combustor chamber • Coupling & alignment turbine generator rotor
<p>Melakukan pemeriksaan atas hasil inspeksi perbaikan</p>		<p>Commissioning</p>	<p>Manajer Pemeliharaan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan rotor barring • Lakukan blow out • Pemasangan burner, servo dan piping • Kalibrasi fuel servo gas dan HSD • Misfiring test • Minimum flow run test • Pengujian proteksi turbin • Off line cleaning compressor • Start unit sampai full speed no load dilanjutkan dengan commercial operation
<p>Membuat laporan atas inspection C</p>		<p>Commissioning</p>	<p>Manajer Pemeliharaan</p>	<p>Membuat laporan atas kegiatan-kegiatan apa saja yang dilakukan pada inspeksi</p>

3.8 Inspeksi Tipe B

Inspeksi tipe B dilakukan selama 10-14 hari, dengan jam kerja standar 8 jam perhari, melibatkan kurang lebih 36 orang dengan rincian satu koordinator atau supervisor, masing-masing sub-divisi memiliki satu supervisor, teknisi senior dan *helper*

3.8.1 Uraian pekerjaan pada inspeksi B

Terdiri dari 4 jenis kategori yang dilakukan sesuai dengan tugas sub divisi yang mengerjakannya yaitu, mekanik, listrik, kontrol dan instrumen, commissioning (uji coba mesin setelah inspeksi dilakukan)

a. Pekerjaan mekanik

1. Shut down Unit :

Merupakan pekerjaan mematikan Turbin Gas dengan procedure sbb:

- Pada saat mesin beroperasi , beban listrik pada generator diturunkan bertahap, mulai dari 100% sampai dengan 0 % dalam waktu 10 menit dan diikuti pelepasan circuit breaker beban generator .
- Setelah itu katup supply bahan bakar ditutup dan akan diikuti penurunan putaran dari 1500 rpm sampai dengan 0 rpm .
- Kemudian pompa air pendingin dan kipas pendingin (air cooler) untuk pendinginan minyak pelumas dimatikan termasuk pompa minyak pelumas .
- Setelah itu seluruh sakelar pada local dan central control dilepas .

2. Cooling down Unit :

Merupakan tahapan pendinginan mesin setelah selesai pekerjaan shut down unit dan beberapa pemeriksaan perlu dilakukan antara lain :

- Melakukan pemeriksaan penurunan suhu bahan pelumas dan air pendingin
- Melakukan pemeriksaan kualitas bahan pelumas dan air pendingin
- Melakukan pemeriksaan kebocoran sistem pelumasan dan air pendingin

3. Pembongkaran Enclosure

Enclosure adalah penutup dari casing turbin gas dan juga merupakan bahan isolasi dari turbin gas agar tidak berbahaya bagi operator pada saat pemeriksaan.

Pada saat membongkar enclosure tersebut perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Melepas pemegang pipa pemadam kebakaran (CO₂) ataupun kabel instrument yang terikat padanya.
- Pada saat membongkar perlu melepas baut pemegang enclosure tersebut.
- Perlu diperhatikan agar kabel, pipa dan bahan isolasi jangan sampai rusak.

4. Pembongkaran pipa pada *Top Combustor*

Top combustor adalah bagian atas dari ruang bakar, dimana terdapat pipa pemasukan bahan bakar serta nozzle pemasukan bahan bakar.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah antara lain:

- Pada saat melepas pipa, ulir penyambung pipa jangan sampai rusak serta berhati-hati agar pipa tersebut jangan sampai bengkok.
- Selain itu ada kabel sensor tekanan dan temperature jangan sampai rusak.

5. Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner

Servo bahan bakar dan burner adalah motor pengatur aliran bahan bakar dan pengatur bentuk *nozzle burner*. Pengaturan tersebut untuk mendapatkan beban listrik yang diperlukan dengan mempertahankan temperaturnya.

Tahapan pengangkatan servo tersebut adalah:

- Melepas terminal kabel pada kedua servo tersebut
- Melepas baut pemegang kedua servo tersebut
- Menarik poros servo dan perhatikan posisi poros tersebut, agar pada saat pemasangan nanti tidak berubah posisinya.

6. *Dismantling* dan perbaikan *Fuel Nozzle*

Fuel nozzle merupakan alat yang mengatur agar bahan bakar dapat terurai menjadi butiran molekul sehingga pembakaran akan terbakar dengan sempurna. Yang dihasilkan adalah ukuran celah yang disesuaikan dengan jumlah aliran bahan bakar. Mekanisme pengaturan celah tersebut dengan merubah posisi jarum dalam nozzle dengan menggunakan *servo motor* ataupun *servo magnetic*.

Tahapan pekerjaan tersebut antara lain :

- Melepaskan baut pemegang *fuel nozzle*
- Melepaskan mekanisme posisi *nozzle* terhadap *servo motor/magnetic*
- Melepaskan baut pemegang *ignation rod*
- Membersihkan bagian dalam nozzle termasuk jarum pengatur celah *nozzle*
- Mengganti kalau ada bagian part yang sudah aus (rosi)

7. *Dismantling* dan perbaikan Combustion chamber

Combustion chamber adalah tempat terjadinya pembakaran antara bahan dan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor. Hasil gas panas dan bertekanan tinggi akan dimasukan ke dalam turbin yang akan menghasilkan kerja untuk memutarakan generator listrik.

Beberapa tahapan pekerjaan tersebut antara lain adalah:

- Mengangkat dan menurunkan Combustion chamber dengan menggunakan Over Head Crane.
- Melepaskan penutup bagian luar (enclosure) termasuk pipa udara dan bahan bakar, serta kabel daya listrik dan control.
- Membersihkan bagian dalam ruang bakar terutama zone primer dan sekunder, serta tertier yang berfungsi sebagai pendingin .
- Mengganti bagian yang telah rusak (erosi atau korosi)

8. Pemeriksaan Tula 1, Tula 5

Tula adalah berasal dari kata “*turbin laufrad*“ yang artinya adalah sudu jalan turbin, jadi dalam hal ini pemeriksaan terhadap sudu jalan ke 1 dan ke 5, dimana merupakan sudu jalan yang pertama dan yang terakhir pada turbin tersebut. Adapun pekerjaan pemeriksaan meliputi:

- a. Diteliti secara kasad mata apakah ada kerak yang menempel atau ada cacat yang masih kabur terlihat. Apabila kurang jelas maka dapat menggunakan liquid penetrant agar dapat terlihat lebih jelas. Kecurigaan cacat tersebut dapat diperjelas lagi dengan menggunakan sinar X.
- b. Diperiksa satu persatu sudu tersebut terhadap pemegangnya dikaki sudu ataupun pengikat yang melingkar, agar sudu tersebut merupakan satu kesatuan, sehingga akan mengurangi terjadinya vibrasi.
- c. Dibersihkan seluruh sudu tersebut dengan menggunakan steam jet cleaner, sehingga kerak yang menempel akan terlepas kembali.

9. Pemeriksaan dan pembersihan *air intake* dan VIGV

Air intake merupakan saluran udara masuk dari luar ke dalam kompresor, dimana pada saat masuk melalui filter terlebih dahulu. Sedangkan VIGV (*Variable Inlet Guided Vane*) merupakan alat berupa damper yang digerakkan oleh motor untuk mengatur jumlah udara yang masuk ke kompresor sesuai dengan yang dibutuhkan.

Adapun pekerjaan yang dimaksud adalah:

- Memeriksa dan membersihkan filter dengan menggunakan air jet cleaner dan melepas komponen filternya. Apabila sudah tersumbat debu dan tidak dapat dibersihkan lagi, maka filter tersebut harus diganti dengan yang baru dan biasanya sudah tercatat penggantian filter tersebut setelah beberapa ribu jam beroperasi.
- Saluran intake perlu juga dibersihkan dengan menggunakan air jet cleaner dan apabila kebocoran perlu diperbaiki kebocoran tersebut.
- VIGV terletak persis sebelum masuk ke kompresor dan perlu dibersihkan dengan air jet cleaner, yang biasanya banyak menumpuk pada sudu dampernya.
- Mekanisme VIGV dan motor penggerak perlu juga diperiksa, agar pada saat beroperasi tidak ada gangguan lagi.

10. Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper

Exhaust diffuser merupakan tempat keluarnya gas yang telah berexpansi di turbin dan stack damper adalah pengatur aliran gas buang yang akan dikeluarkan langsung ke udara bebas atau melalui terlebih dahulu ke dalam HRSG. Jadi itu merupakan damper yang mempunyai 2 jalan keluar.

Beberapa tahapan pemeriksaan tersebut adalah:

- Kebersihan exhaust diffuser dan stack damper perlu dilihat, karena abu sisa pembakaran biasanya terkumpul disini dan akan mengakibatkan mekanisme damper terganggu.
- Pembersihan dapat menggunakan air jet cleaner atau steam jet cleaner untuk kerak yang menempel kuat.
- Batang penggerak dan motor penggerak damper perlu diberi minyak agar mudah bergerak dan tidak macet.

b. Pekerjaan Listrik

11. Pemeriksaan dan pembersihan module 52G

Module 52G merupakan modul controller untuk turbin gas dimana di dalamnya terdapat beberapa panel sirkuit elektronik, jadi harus berhati-hati dalam melakukan pembersihannya, antara lain:

- a. Pembersihan bagian luar module tersebut dengan vacuum cleaner
- b. Pemeriksaan dan pembersihan panel sirkuit elektronik. Debu dapat ditiup dengan udara bertekanan tapi jangan terlalu tinggi tekanannya dan diperiksa komponen yang mengalami perubahan warna.
- c. Kontak point dapat dibersihkan dengan liquid cleaner electronic.
- d. Kalau diperlukan dapat melakukan pengukuran nilai sirkuit yang terdapat dari panel tersebut.

12. Pengujian relay REG 216

Relay REG 216 merupakan penghubung aliran daya listrik ke setiap peralatan yang terdapat pada turbin gas yang menggunakan daya listrik, baik berupa servomotor, magnetic controller dan switch, motor listrik atau peralatan bantu lainnya. Beberapa perhatian yang perlu diperhatikan dalam pengujian relay tersebut, adalah:

- Melakukan pemeriksaan pada setiap terminal, apakah masih terpasang dengan rapat atau mulai longgar?
- Pemeriksaan kebersihan pada contact point perlu juga dilakukan
- Periksa sistim tenaga magnetic relay tersebut dan apabila daya magnetic sudah berkurang, maka perlu pemeriksaan lebih lanjut untuk penggantian relay tersebut.
- Pembersihan dapat dilakukan dengan air jet cleaner.

13. Pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger

Module SFC adalah kependekan dari *Satic Frequency Converter, exitacy*, dan *battery charger* umumnya berupa rangkaian elektronik sehingga perlu kehati-hatian dalam membersihkan peralatan tersebut.

Pemeriksaan dan pembersihannya dapat dilakukan sebagai berikut:

- Pembersihan dapat dilakukan dengan *vacuum cleaner* atau dengan air jet cleaner dengan tekanan rendah.
- Pemeriksaan module dengan mengukur tahanan dan tegangan listrik pada rangkaian elektroniknya, serta kapasitansi pada kapasitor.
- *Contact point* dapat dibersihkan dan diberi contact spray agar hubungan listrik menjadi lebih baik.

14. Pemeriksaan dan pembersihan battery

Battery merupakan daya cadangan apabila supply tenaga listrik tidak ada, juga merupakan support pada peralatan control agar tegangan listrik stabil, terutama untuk peralatan controlnya. Beberapa pekerjaan perlu diperhatikan adalah:

- Apabila menggunakan battery basah, maka perlu diperiksa keasaman air battery dan daya dan tegangan listrik perlu dilakukan pengukuran. Perlu penggantian battery apabila ketiga parameter tersebut sudah dibawah normalnya.
- Pembersihan dapat dilakukan dengan membuka terminalnya dan membersihkan dapat menggunakan air panas agar kerak asam terlarut.

15. Pemeriksaan Fire protection system

Sistim pemadam kebakaran pada turbin gas adalah menggunakan gas CO₂ disemprotkan melalui nozzle pada tempat-tempat tertentu sesuai peraturan National Fire Protection Agency (NFPA). Nozzle-nozzle tersebut terhubung melalui sistim pemipaan ke pusat tabung penyimpanan CO₂. Penyemprotan

akan bekerja secara otomatis setelah ada alarm kebakaran melalui sensor suhu.

Pekerjaan pemeriksaan meliputi:

- Pembersihan dan pemeriksaan sensor suhu dan nozzle penyemprot CO₂
- Pembersihan dan pemeriksaan pemipaan dan tabung CO₂, apabila gas CO₂ telah expired, maka perlu penggantian yang baru.

16. Pemeriksaan dan perbaikan motor gas relief fan dan vapour exhauster

Gas relief fan dipasang pada sistim bahan bakar gas untuk membuang gas, apabila dalam ruang bakar terdapat gas yang tidak terbakar, terutama pada saat gagal dalam penyalaan turbin gas.

Sedangkan vapour exhauster dipasang dalam tangki minyak pelumas untuk membuang uap oli bercampur dengan cairan yang lain, sehingga dalam minyak pelumas tidak lagi mengandung gas/uap atau untuk menjaga kemurnian dari minyak pelumas tersebut.

Tahapan pekerjaan meliputi :

- Pemeriksaan kedua motor fan tersebut terutama kondisi bearingnya dan vibrasi dari fan itu sendiri.
- Selain itu diperiksa pula putaran kedua motor tersebut, apakah nilai putaran masih normal atau tidak. Apabila lebih lambat perlu diperiksa kumparan motor tersebut dengan ohm meter dan jika kondisi sudah jauh dari nilai normalnya, maka perlu penggantian motornya.

17. Pembersihan Main transformer

Main transformer merupakan peralatan utama seperti halnya turbin gas dan generator, berguna untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator ke tegangan transmisi , biasanya dari tegangan 6600 Volt ke 150.000 Volt atau ke 500.000 Volt. Sebagai media pendingin digunakan oli yang disirkulasikan melalui pendingin sirip dan ditiup oleh kipas angin .

Pembersihan dan pemeriksaannya meliputi:

- Pembersian bagian luar transformer dari debu yang menempel dengan menggunakan air jet cleaner
- Pemeriksaan oli pendingin baik quantities maupun kualitas
- Pemeriksaan dan pembersihan kipas angin pendingin oli dan terminal penyambungan kabel

18. Pemeriksaan dan pembersihan generator dan sikat arang

Generator berisi lilitan kawat pada stator dan rotor, sikat arang sebagai pemungut tegangan dari rotornya serta ada sistem kipas pendinginan .

Beberapa pekerjaan pemeriksaan dan pembersihan adalah:

- Pembersihan lilitan kawat stator dan rotor, serta saluran udara pending dan terminal kabel dengan menggunakan air jet cleaner.
- Pemeriksaan sikat arang berupa kebersihannya dan ukuran sikat arang itu sendiri, apabila sudah jauh dari ukuran standardnya, maka perlu penggantian.
- Sebelum dapat melakukan hal yang terbut diatas, maka perlu melakukan pembukaan penutupnya terlebih dahulu.

19. Pemeriksaan LV distributor panel (400V)

Pemeriksaan termasuk pembersihan Low Voltage (LV) distributor panel meliputi beberapa hal pekerjaan antara lain :

- Menggunakan Vacuum cleaner untuk menghilangkan debu atau kotoran yang menempel pada bagian dalam panel dan contactor (Medium Circuit Breaker)
- Memeriksa terminal kabel dan contactor, apakah terminal kabel sudah longgar atau terbakar dan pada contactor kedapatan ada erosi atau kerak pada kontak pointnya.

- Perhatikan juga kesesuaian rating ampere setiap MCB
- Mekanisme breaker pada MCB harus diperiksa, karena sering kedapatan adanya mekanisme breaker sudah lemah, sehingga mudah pada posisi Off.

20. Pemeriksaan Thermo-Couple (T/C)

Thermo-couple merupakan media untuk mengukur suhu berupa kawat metal yang mudah berubah tahanan listriknya, sehingga perubahan suhu akan terbaca pada perubahan tahanan listriknya yang dikonversikan menjadi skala suhu.

Pemeriksaan dan pembersihan T/C perlu dilakukan antara lain :

- Membuka baut pemegang T/C
- Pemeriksaan dan pembersihan terminal T/C
- Kalau dalam pemeriksaan ada kerusakan maka perlu mengganti dengan yang baru
- Pemeriksaan dan pembersihan T/C harus dilakukan dengan hati-hati karena materialnya mudah patah.

21. Pemeriksaan *Temperature-Tranducer* (T/T)

Temperature tranducer mempunyai fungsi yang sama dengan *thermocouple*, hanya berbeda pada signal yang dikirim ke *recorder* dapat berupa signal elektronik ataupun digital.

Adapun pekerjaan pemeriksaannya berupa :

- Membuka baut pemegang T/T
- Pemeriksaan dan pembersihan terminal T/T dan ujung sensor T/T
- Pekerjaan ini juga harus dilakukan hati-hati mengingat signal yang dihasilkan dapat berupa signal electronic ataupun digital.

22. Pemeriksaan *Pressure Indicator (P/I)*

Pressure Indicator dapat berupa tampilan digital angka ataupun mekanis angka, sehingga akan berbeda dalam hal pemeriksaannya.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam pemeriksaannya adalah :

- Memeriksa bilangan penunjuk dengan melakukan kalibrasi dengan pressure indicator standart yang telah dikalibrasi sebelumnya.
- Pada pressure indicator mekanis dapat memeriksa jalur pipa instrument perlu melakukan pembersihan apabila ada penyumbatan.
- Pada pressure indicator digital perlu pembersihan *terminal point* dan kalau perlu melakukan pengencangan pada terminal tersebut.

23. Pemeriksaan *Pressure Switch (P/S)*

Pressure Switch adalah alat pemutus dan penyambung hubungan rangkaian yang digerakan oleh adanya tekanan atau perubahannya.

Pemeriksaannya dapat dilakukan dengan cara antara lain sebagai berikut:

- Memeriksa dan membersihkan sumbatan dalam jalur pipa yang bertekanan untuk menggerakkan switch tersebut.
- Memeriksa dan membersihkan bagian dalam switch dan kontak point pada terminal penyambung hubungan rangkaiannya.

24. Pemeriksaan Pressure Tranducer (P/T)

Adalah alat untuk mengukur tekanan namun tidak dalam besaran fisik tekanan tetapi telah diubah dalam bentuk signal elektronik ataupun digital, sehingga pemeriksaannya berupa:

- Pembersihan terminal point untuk sambungan kabel
- Pembersihan sensor point dari kotoran yang mungkin melekat

25. Pemeriksaan Flame detector dan Vibration pick-up

Flame detector adalah alat untuk mendeteksi kualitas nyala api, sedangkan vibration pick-up adalah alat untuk mendeteksi besarnya getaran (vibrasi). Kedua detector tersebut dapat berupa signal electronic atau digital, sehingga perlu kehati-hatian dalam pemeriksaan dan pembersihannya, antara lain :

- Pembersihan pada terminal point untuk sambungan kabel
- Pembersihan sensor point dari kerak yang melekat

26. Pemeriksaan dan pembersihan control valve bahanbakar gas dan HSD

Kedua control valve tersebut digerakan oleh *electro motor*, sehingga pekerjaan tersebut berupa :

- Pemeriksaan dan pembersihan *electro motor* termasuk *terminal point*.
- Pengukuran lilitan *electro motor* dan pengujian gerakan katupnya.
- Pemeriksaan dan pembersihan panel kontrolernya.

c. Pekerjaan Comissioning:

Merupakan pekerjaan uji-coba untuk menghidupkan turbin gas setelah semua pekerjaan reasembli dilakukan dengan benar dan telah diperiksa seksama, yang kemudian dilakukan tahapan pekerjaan sebagai berikut:

27. Rotor barring

Yakni melakukan pemutaran rotor sangat perlahan dengan menggunakan *electro motor barring* untuk mengkonfirmasi rotor telah dalam posisi yang benar.

28. *Blow out*

Setelah pelaksanaan rotor barring, dilanjutkan ketahap pemutaran lebih tinggi dengan menggunakan *Static Frequency Converter* (SFC) termasuk pembersihan dalam rotor dan stator turbin dengan adanya hembusan (*blow out*) dari kompresor, yakni :

- SFC 1 start dan Jacking oil pumpn dihidupkan pada putaran 31 rpm kemudian di off kan pada putaran 125 rpm
- SFC 2 start dan di off kan pada putaran 214 rpm
- SFC 3 start dan di off kan pada putaran 525 rpm
- SFC 4 start dan di off kan pada putaran 738 rpm
 - SFC 5 start dan dipertahankan pada putaran 1000 rpm dan ditahan selama 15 menit kemudian baru di off kan .

29. Pemasangan *burner, servo motor* dan pemipaannya

Pekerjaan tersebut merupakan pemasangan sistim bahan bakar untuk persiapan pembakaran didalam ruang bakar, yang terdiri dari nozzle bahan bakar, servo motor untuk menggerakkan control valve dan sistim pemipaannya.

30. Kalibrasi sistim bahan bakar gas dan minyak HSD

Adalah menakar (mengkalibrasi) pengaturan jumlah aliran bahan bakar gas dan minyak HSD dengan mengukur pembukaan dan penutupan control valve bahan bakar tersebut sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh pabrik pembuatnya.

31. Melakukan *misfiring test*

Misfiring test adalah melakukan pengujian sistim bahan bakar dan proses pembakarannya, yang dimulai dari :

- Test kebocoran sistim pemipaan bahan bakar gas maupun minyak HSD
- Mengatur sistim servomotor untuk mengatur aliran kedua bahan bakar
- Melakukan penyalaan bahan bakar gas dan dimatikan pada putaran 778 rpm

32. Melakukan "*Minimum flow run*"

- . Dijalankan kembali dengan kondisi “*minimum flow run*” dengan bahan bakar gas.
- 2. kemudian dinyalakan pembakaran pada putaran 775 rpm dan dimatikan pada putaran 1510 rpm.

33. Pengujian proteksi turbin

Sistim proteksi turbin gas terdiri dari : Overspeed

- Setelah itu dilakukan “Start Auto Program by Gas ON” dan “Flame ON” pada 786 rpm .
- Selanjutnya memilih “Cancel ON pada Step 22 Excitasi”, yang merupakan pengaman pada saat mengalami kegagalan pada saat pembebanan.
- Setelah itu dapat menaikkan putaran sampai “Full speed No Load“
- Melakukan pemeriksaan pada panel 52G, yakni rangkaian sinkronisasi untuk dapat masuk ke sistem jaringan listrik diluar/transmisi.
- Setelah dapat melakukan sinkronisasi, maka baru dapat melakukan pembebanan dari sistim jaringan listrik dengan posisi panel 52G ON.

3.8.2 Daftar Kebutuhan Part Inspeksi Gas Turbin Tipe B

Berikut ini adalah daftar penggantian part apa saja yang mungkin terjadi berdasarkan aktivitas. Penggantian part dilakukan pada kegiatan mekanik, listrik, dan kontrol instrumen. Menurut data historik, beberapa kemungkinan penggantian part dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Penggantian Part yang Terjadi pada Kegiatan Inspeksi Gas Turbin Tipe B

No.	Aktivitas	Part yang di ganti (historical data)
	Shut Down Unit	
	Cooling Down Unit	
A	Mekanik	
	Pembongkaran enclosure	Rock wool wire
	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	Gasket 120/160X1
	Pengangkatan Servo bahan bakar dan burner	Flat gasket for piping
	Dismantling dan perbaikan fuel nozzle	Safety locking ring (Oil Nozzle)
	Dismantling dan perbaikan combustion Chamber	Gasket 120/160X1
		Roller bearing (UCS15.UCS15.47 FYH)
		Roller bearing (SKF 22315 EK)
	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	
	Pemeriksaan dan pembersihan air intake dan VIGV	Roller bearing (UCS15.UCS15.47 FYH)
		Roller bearing (SKF 22315 EK)
		Alvania grease
	Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper	V Belt Cooler Generator
		V belt Grip
B	Pekerjaan Listrik	
	Pemeriksaan dan pembersihan module 52G	Fuse switch 1 pole size 10.3 X 8

pengujian relay REG 216	Selector switch
pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger	Control relay siemens 4A 230 V MC telemecanique Telemecanique
Lakukan pemeriksaan dan pembersihan battery	
Lakukan pemeriksaan fire protection system	Motor circuit breaker range 4 s/d 6 A
pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster	V belt Bearing Motor circuit breaker range 4 s/d 6 A
Lakukan pembersihan main transformer	
Lakukan pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang	Ball bearing Auxiliary contac telemecanique Fuse catridge 4 Amp size 10 X 38
Lakukan pemeriksaan LV distributor panel (400V)	
C Pekerjaan Kontrol dan Instrumen	
Lakukan pemeriksaan T/C	Thermocouple with well (4 pcs) Lampu tanda 220 V 3 Watt
Lakukan pemeriksaan T/T	Lampu tanda 220 V 3 Watt
Lakukan pemeriksaan P/I	Lampu tanda 220 V 3 Watt
Lakukan pemeriksaan P/S	Lampu tanda 220 V 3 Watt
Lakukan pemeriksaan P/T	Lampu tanda 220 V 3 Watt

Lakukan pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV	
Lakukan pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD	Pressure regulator merk wilkenson

3.8.3 Alokasi Tenaga Kerja

Untuk melakukan inspeksi GT tipe B, dibentuk sebuah tim yang terdiri dari berbagai macam kualifikasi sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan di dalamnya. Tim ini mempunyai satu koordinator tim sebagai pemimpin atau penanggung jawab inspeksi, satu koordinator lapangan sebagai penanggung jawab setiap pekerjaan di site, empat supervisor pada masing-masing kategori pekerjaan, dan satu orang yang bertanggung jawab atas keselamatan kerja. Selanjutnya tiap kategori pekerjaan mempunyai beberapa teknisi senior untuk memberi instruksi pekerjaan kepada helper atau teknisi junior. Lalu Setiap aktivitas memerlukan satu supervisor atau pengawas, teknisi senior, dan beberapa helper (Tabel 3.7). Contoh Struktur Organisasi Tim dapat dilihat dalam lampiran.

Tabel 3.7 Kebutuhan tenaga kerja per aktivitas

No	Aktivitas	Klasifikasi tenaga kerja
I.	Persiapan	
1.	Shut Down unit	3 teknisi senior + 6 helper
2.	Cooling Down Unit	1 teknisi senior + 2 helper

II.	Pekerjaan Mekanik	
II.1.	<i>Pembongkaran</i>	
1.	Pembongkaran Enclosure	1 teknisi senior + 3 helper
2.	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	1 teknisi senior + 2 helper
II.2.	<i>Pemeriksaan dan Perbaikan</i>	
1.	Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner	2 teknisi senior + 4 helper
2.	Dismantling dan Perbaikan Fuel Nozzle	
	Dismantling dan Perbaikan Combustion Chamber	1 teknisi senior + 2 helper
3.	Pemeriksaan Tula 1, Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	1 teknisi senior + 2 helper
4.	Pemeriksaan dan Pembersihan Air Intake dan VIGV	1 teknisi senior + 2 helper
5.	Pemeriksaan Exhaust Diffuser dan Stack Damper	1 teknisi senior + 2 helper
6.		
Tabel 3.7	(lanjutan) Kebutuhan tenaga kerja per aktivitas	1 teknisi senior + 2 helper

III.	Pekerjaan Listrik	
1.	Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 52G	1 teknisi senior + 2 helper
2.	Pengujian Relay REG 216	1 teknisi senior + 2 helper
3.	Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger	1 teknisi senior + 2 helper
4.	Pemeriksaan dan Pembersihan Battery	
4.	Pemeriksaan Fire Protection System	1 teknisi senior + 2 helper
5.	Penggantian Bearing Motor Gas Relief Fan dan Vapour Extractor	1 teknisi senior + 2 helper
6.	Pembersihan Main Transformer	1 teknisi senior + 2 helper
7.	Pemeriksaan dan Pembersihan Area Generator dan Sikat Arang	1 teknisi senior + 2 helper
8.	Pemeriksaan LV Distribution Panel (400 V)	1 teknisi senior + 2 helper
9.		1 teknisi senior + 2 helper
IV.	Pekerjaan Kontrol dan Instrumen	
1.	Pemeriksaan Thermo-couple (T/C)	1 teknisi senior + 1 helper
2.	Pemeriksaan Temperature Tranducer (T/T)	1 teknisi senior + 1 helper
3.	Pemeriksaan Pressure Indicator (P/I)	1 teknisi senior + 1 helper
4.	Pemeriksaan Pressure Switch (P/S)	1 teknisi senior + 1 helper
5.	Pemeriksaan Pressure Tranducer (P/T)	1 teknisi senior + 2 helper
6.	Pemeriksaan Flame Detector, Vibration Pick Up dan Variable Inlet Guided Vane	

7.	Pemeriksaan dan Pembersihan Control Valve Bahan Bakar Gas dan HSD	1 teknisi senior + 2 helper 1 teknisi senior + 1 helper
V. Commisioning		
1.	Rotor Barring	3 teknisi senior + 6 helper
2.	Blow Out	1 teknisi senior + 2 helper
3.	Pemasangan Burner, Servo, dan Piping	2 teknisi senior + 4 helper
4.	Kalibrasi Fuel Servo Gas dan HSD	2 teknisi senior + 4 helper
5.	Misfiring Test	2 teknisi senior + 4 helper
6.	Minimum Flow Run Test	2 teknisi senior + 4 helper
7.	Pengujian Turbine Protection	2 teknisi senior + 4 helper
8.	Off Line Cleaning Compressor	1 teknisi senior + 2 helper
9.	Full Speed No Load	2 teknisi senior + 4 helper
10.	Commercial Operation	3 teknisi senior + 4 helper

Kualifikasi personel antara lain:

- Teknisi senior: Sarjana D3 teknik mesin , listrik , Instrumentasi dengan tingkat keahlian Grade IV
- Helper: Lulusan STM atau SMU dengan tingkat keahlian grade II.

BAB 4

ANALISIS DATA

4.1 Analisa Jaringan (Network Analysis) Inspeksi Tipe B

Dalam membuat analisa jaringan terlebih dahulu ditentukan aktivitas-aktivitas yang terlibat dalam kegiatan tersebut, berikut kegiatan sebelumnya (predecessor) dan durasi setiap aktivitasnya. Dari pengolahan data yang telah dilakukan, didapat hasil sebagai berikut, aktivitas kegiatan di dalam Inspeksi Gas Turbin tipe B.

Tabel 4.1 Analisis Jaringan Inspeksi Gas Turbin Tipe B

No	Aktivitas	Durasi (jam)	Kode aktivitas	predecessor
I.	Persiapan			
1.	Shut Down unit	8	1	-
2.	Cooling Down Unit	16	2	1

II.	Pekerjaan Mekanik			
II.1.	<i>Pembongkaran</i>			
1.	Pembongkaran Enclosure	8	3	2
2.	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	8	4	3
3.	Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner	4	5	4
II.2.	<i>Pemeriksaan dan Perbaikan</i>			
1.	Dismantling dan Perbaikan Fuel Nozzle	16	6	5
2.	Dismantling dan Perbaikan Combustion Chamber		7	5
3.	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	16	8	3
4.	Pemeriksaan dan Pembersihan Air Intake dan VIGV	16	9	3
5.	Pemeriksaan Exhaust Diffuser dan Stack Damper	8	10	4
III.	Pekerjaan Listrik			
1.	Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 52G	8	11	5
2.	Pengujian Relay REG 216	8	12	11
3.	Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger	8	13	12
4.	Pemeriksaan dan Pembersihan Battery	8	14	13
5.	Pemeriksaan Fire Protection System	6	15	14
6.	Penggantian Bearing Motor Gas Relief Fan dan Vapour Extractor			
	Pembersihan Main Transformer	6	16	13

7.	Pemeriksaan dan Pembersihan Area Generator dan Sikat Arang	8	17	16
8.	(lanjutan) Analisis Jaringan Inspeksi Gas Turbin Tipe B			
	Pemeriksaan LV Distribution Panel (400 V)	8	18	16
9.		8	19	15

IV. Pekerjaan Kontrol dan Instrumen				
1.	Pemeriksaan Thermo-couple (T/C)	4	20	2
2.	Pemeriksaan Temperature Transducer (T/T)	4	21	2
3.	Pemeriksaan Pressure Indicator (P/I)	4	22	20
4.	Pemeriksaan Pressure Switch (P/S)	4	23	22
5.	Pemeriksaan Pressure Transducer (P/T)	12	24	21
6.	Pemeriksaan Flame Detector, Vibrasi Pick Up dan Variable Inlet Gas Valve	12	25	24
7.	Pemeriksaan dan Pembersihan Control Valve Bahan Bakar Gas dan HSD	8	26	25
V. Commissioning				
1.	Rotor Barring	4	27	8, 9, 10
2.	Blow Out	4	28	27
3.	Pemasangan Burner, Servo, dan Piping	8	29	27, 34, 6,7,26
4.	Kalibrasi Fuel Servo Gas dan HSD	8	30	26, 29
5.	Misfiring Test	4	31	29

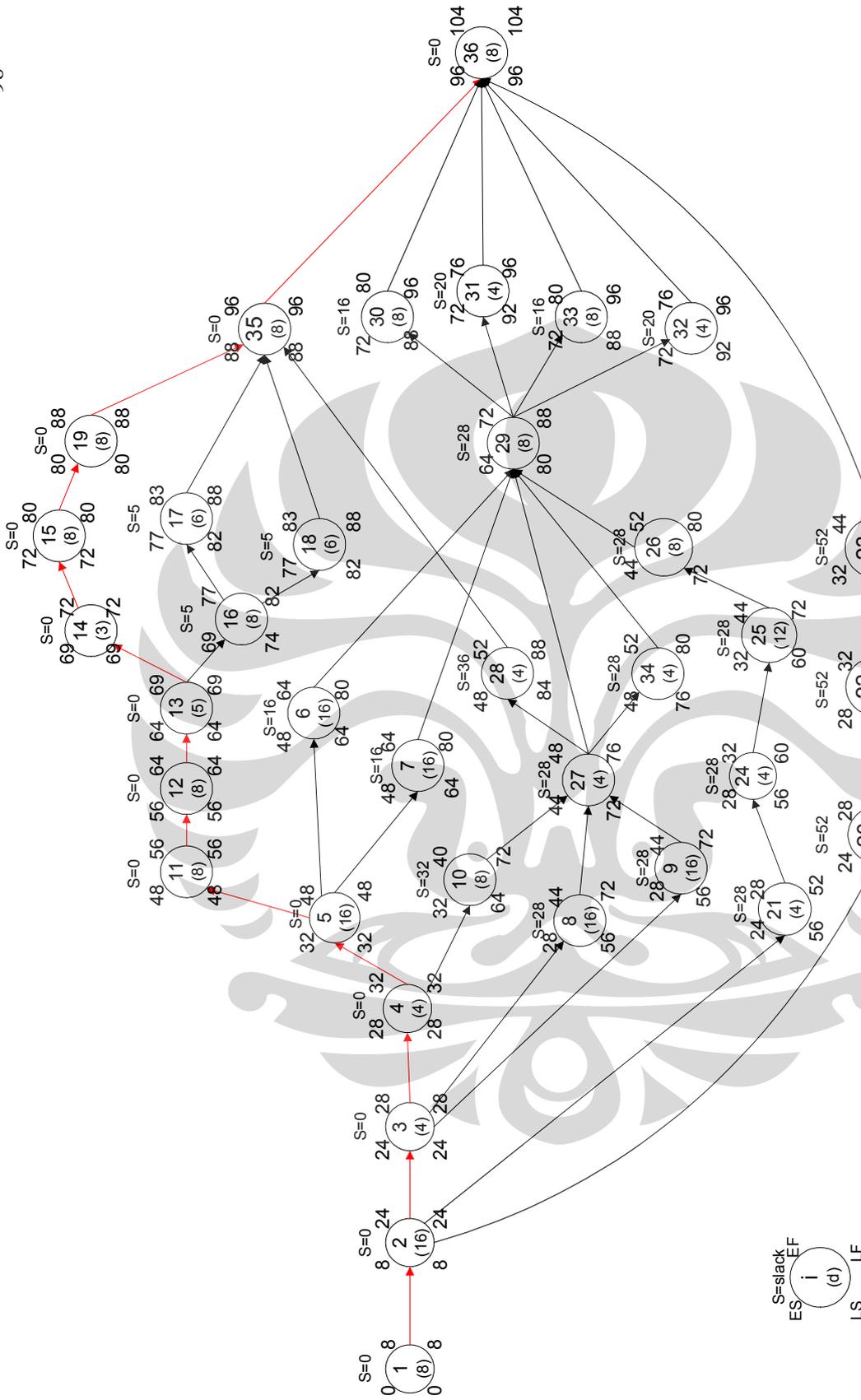
6.	Minimum Flow Run Test	4	32	29
7.	Pengujian Turbine Protection	8	33	27
8.	Off Line Cleaning Compressor	4	34	17, 18, 19, 28
9.	Full Speed No Load	8	35	23, 30, 31,32, 33, 35
10.	Commercial Operation	8	36	

Bentuk CPM dari inspeksi tipe B dapat dilihat pada Gambar 4.1, terdiri dari 36 aktivitas yang terbagi atas 4 jenis kegiatan, dimana dalam beberapa aktivitas dapat dilakukan secara paralel atau seri. *Critical path* ditunjukkan dengan garis yang berwarna merah.

Hasil analisa jaringan di atas menghasilkan, jalur kritis sebagai berikut:

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 19 – 35 – 36

Dengan total durasi 104 jam kerja, atau 13 hari.



Gambar 4.1 CPM Inspeksi B

Slack time pada setiap pekerjaan di luar jalur kritis dapat dilihat pada tabel 4.2, hal ini memungkinkan dapat dimanfaatkannya *slack time* dengan cara pemerataan jumlah tenaga kerja, agar proses inspeksi dapat berlangsung dengan lebih efektif dan efisien, serta meningkatkan kesiapan pembangkit.

Tabel 4.2 *Slack Time* pada Inspeksi B

Aktivitas	slack
Persiapan	
Shut Down unit	ES = 8, EF= 8, slack= 0
Cooling Down Unit	ES = 24, EF= 24, slack= 0
Pekerjaan Mekanik	
<i>Pembongkaran</i>	
Pembongkaran Enclosure	ES = 28, EF= 28, slack=0
Pembongkaran Piping pada Top Combustor	ES = 32, EF= 32, slack=0
Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner	ES = 48, EF= 48, slack=0
<i>Pemeriksaan dan Perbaikan</i>	
Dismantling dan Perbaikan Fuel Nozzle	ES =64 , EF=88, slack= 16
Dismantling dan Perbaikan Combustion Chamber	ES =64 , EF=88, slack= 16
Pemeriksaan Tula 1, Tule 1, Tula 5, dan Vela 1	ES = 44, EF=72, slack=28
Pemeriksaan dan Pembersihan Air Intake dan VIGV	ES = ,44 EF=72, slack=28
Pemeriksaan Exhaust Diffuser dan Stack Damper	ES = 40, EF=72, slack=32

Pekerjaan Listrik	
Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 52G	ES = 56, EF=56, slack=0
Pengujian Relay REG 216	ES = 64, EF=64, slack= 0
Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger	ES = 69, EF=69, slack= 0
Pemeriksaan dan Pembersihan Battery	ES = 72, EF=72, slack= 0
Pemeriksaan Fire Protection System	ES = 80, EF=80, slack= 0
Penggantian Bearing Motor Gas Relief Fan dan Vapour Extractor	ES = 77, EF=80, slack= 3
Pembersihan Main Transformer	ES = 85 , EF= 88, slack= 3
Pemeriksaan dan Pembersihan Area Generator dan Sikat Arang	ES = 85 , EF= 88, slack= 3
Pemeriksaan LV Distribution Panel (400 V)	ES = 88 , EF= 88, slack= 0
Pekerjaan Kontrol dan Instrumen	
Pemeriksaan Thermo-couple (T/C)	ES = 28, EF= 80, slack= 52
Pemeriksaan Temperature Tranducer (T/T)	ES = 28, EF= 56, slack= 28
Pemeriksaan Pressure Indicator (P/I)	ES = 32, EF= 84, slack= 52
Pemeriksaan Pressure Switch (P/S)	ES = 96, EF= 44, slack= 52
Pemeriksaan Pressure Tranducer (P/T)	ES = 32, EF= 60, slack= 28
Pemeriksaan Flame Detector, Vibrasi Pick Up dan Variable Inlet Gas Veine	ES = 44, EF= 72, slack= 28
Pemeriksaan dan Pembersihan Control Valve Bahan Bakar Gas dan HSD	ES = 52, EF= 60, slack= 28

Commisioning	
Rotor Barring	ES = 48, EF= 76, slack= 28
Blow Out	ES = 52, EF= 88, slack= 36
Pemasangan Burner, Servo, dan Piping	ES = 72, EF= 88, slack= 28
Kalibrasi Fuel Servo Gas dan HSD	ES = 80, EF= 96, slack= 16
Misfiring Test	ES = 76, EF= 96, slack= 20
Minimum Flow Run Test	ES = 76, EF= 96, slack= 20
Pengujian Turbine Protection	ES = 80, EF= 96, slack= 16
Off Line Cleaning Compressor	ES = 52, EF= 80, slack= 28
Full Speed No Load	ES = 96, EF= 96, slack= 0
Commercial Operation	ES = 104, EF= 104, slack= 0

Biaya normal inspeksi adalah, sebagai berikut:

Tabel 4.3 Biaya Inspeksi Normal

kode	Aktivitas	normal cost
1	Shut Down Unit	Rp2,397,600
2	Cooling Down Unit	Rp1,598,400
	Mekanik	
3	Pembongkaran enclosure	Rp474,400
4	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	Rp474,400
5	Pengangkatan Servo bahan bakar dan burner	Rp1,598,400
6	Dismantling dan perbaikan fuel nozzle	Rp1,598,400

Tabel 4.3 (lanjutan) Biaya Inspeksi Normal

7	Dismantling dan perbaikan combustion Chamber	Rp1,598,400
8	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	Rp1,598,400
9	Pemeriksaan dan pembaersihan air intake dan VIGV	Rp1,598,400
10	Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper	Rp799,200
Pekerjaan Listrik		
11	Pemeriksaan dan pembersihan module 52G	Rp799,200
12	pengujian relay REG 216	Rp799,200
13	pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger	Rp499,500
14	Pemeriksaan dan pembersihan battery	Rp299,700
15	Pemeriksaan fire protection system	Rp799,200
16	pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster	Rp799,200
17	pembersihan main transformer	Rp599,400
18	pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang	Rp711,600
19	pemeriksaan LV distributor panel (400V)	Rp799,200
Pekerjaan Kontrol dan Instrumen		
20	Pemeriksaan T/C	Rp399,600
21	Pemeriksaan T/T	Rp399,600
22	pemeriksaan P/I	Rp399,600
23	pemeriksaan P/S	Rp399,600
24	pemeriksaan P/T	Rp1,198,800
25	Pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV	Rp1,198,800
26	Pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD	Rp799,200

Commisioning		
27	Rotor barring	Rp1,198,800
28	Blow out	Rp399,600
29	Pemasangan burner, servo dan piping	Rp1,598,400
30	Kalibrasi fuel servo gas dan HSD	Rp1,598,400
31	Misfiring test	Rp399,600
32	Minimum flow run test	Rp799,200
33	Pengujian proteksi turbin	Rp799,200
34	off line cleaning compressor	Rp399,600
35	Start unit sampai full speed no load	Rp1,598,400
36	commercial Operation	Rp2,098,400
total project cost		Rp35,527,000

4.2 Analisa *Critical Path* dan Kebutuhan SDM

Penambahan jumlah sumber daya manusia atau tenaga kerja dilakukan pada aktivitas yang terlibat di dalam jalur kritis, akan tetapi karena terbatasnya beberapa aktivitas oleh kegiatan sebelumnya (*predecessor*), terbatasnya ruang kerja, dan pertimbangan kualitas tenaga kerja, maka tidak dalam semua aktivitas di dalam jalur kritis dapat dilakukan *crashing*. Berikut adalah uraian dari aktivitas-aktivitas di dalam jalur kritis. (gambar 4.2, 4.3, 4.4)

a. Shut down Unit.

Aktivitas ini melibatkan merupakan tahap persiapan dari proses inspeksi, dalam melakukan shutdown dibutuhkan tiga teknisi senior dan enam helper. Karena menggunakan seluruh tenaga mekanik yang ada, maka pemerataan jumlah sumber daya tidak dapat dilakukan pada kegiatan ini,

b. Cooling down unit

Masih bagian dari tahap persiapan, cooling down unit merupakan tahapan pendinginan mesin setelah selesai pekerjaan shut down unit. Kegiatan ini berlangsung selama 16 jam kerja, tidak banyak pekerjaan yang dapat dilakukan, karena inti dari kegiatan ini hanya menunggu sampai suhu mesin cukup aman untuk dilakukan pekerjaan-pekerjaan berikutnya, sehingga tidak dapat dilakukan penambahan jumlah tenaga kerja. Pekerjaan yang dilakukan adalah melakukan pemeriksaan penurunan suhu bahan pelumas dan air pendingin memeriksa kualitas dan kebocoran bahan pelumas dan air pendingin. Dilakukan oleh satu teknisi senior dan dua helper.

c. Pembongkaran Enclosure

Kegiatan ini mulai memasuki tahap pembongkaran mesin, pekerjaan ini memerlukan banyak tenaga kerja karena selain banyak hal yang dilakukan juga cukup sulit untuk melakukan pembukaan baut-baut yang ukurannya sangat besar. Dapat dilakukan pengalokasian tenaga kerja pada kegiatan ini karena hanya ditugaskan satu teknisi senior dan tiga helper, dilakukan penambahan jumlah teknisi senior satu orang dan helper sebanyak tiga orang, sehingga jumlahnya menjadi, dua teknisi senior dan enam helper. Pemerataan ini mengakibatkan perubahan durasi kegiatan dari empat jam menjadi **tiga** jam.

d. Pembongkaran Piping pada Top Combustor

Masih merupakan bagian dari pembongkaran, pada pekerjaan ini dilakukan pembongkaran pipa-pipa masuknya bahan bakar sehingga harus dilakukan secara hati-hati karena pipa dan kabel sensor tekanan yang dapat rusak. Melibatkan satu teknisi senior dan dua helper cukup untuk melakukan pekerjaan ini.

e. Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner

Merupakan tahap akhir dari pembongkaran, servo bahan bakar dan burner adalah motor pengatur aliran bahan bakar. Sebelumnya melibatkan satu teknisi senior dan dua helper. Karena merupakan pekerjaan pembongkaran tahap akhir dan masih terdapat tenaga mekanik yang tersedia maka pekerjaan ini dapat dilakukan penambahan jumlah pekerja menjadi dua teknisi senior dan enam helper. Dapat mempersingkat waktu pekerjaan dari 16 jam menjadi 12 jam.

f. Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 53G

Merupakan tahap awal dari pekerjaan kelistrikan, pekerjaan ini melibatkan satu teknisi senior dan satu helper. Pekerjaan ini dapat dipercepat dengan menambah satu helper listrik yang mana akan mempercepat proses selama **dua** jam. Sehingga durasinya menjadi enam jam.

g. Pengujian Relay REG 216

Relay REG 216 merupakan penghubung aliran daya listrik ke setiap peralatan yang terdapat pada turbin gas yang menggunakan daya listrik, baik berupa servomotor, magnetic controller dan switch, motor listrik atau peralatan bantu lainnya. Karena banyak relay yang harus dilakukan dalam pekerjaan ini maka dapat dilakukan penambahan jumlah pekerja sebanyak satu helper listrik, sehingga dapat mempersingkat waktu menjadi **enam** jam.

h. Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger

Modul SFC, Exitacy dan Battery Charger merupakan rangkaian elektronik sehingga perlu berhati-hati dalam membersihkannya, dapat dilakukan penambahan tenaga kerja sebanyak satu helper sehingga durasinya menjadi **tiga** jam.

i. Pemeriksaan dan pembersihan battery

Pembersihan dapat dilakukan dengan membuka terminal battery dan membersihkan dengan menggunakan air panas agar kerak asam terlarut. Sama seperti pemeriksaan dan pembersihan battery charger di atas, dilakukan penambahan satu helper, sehingga memangkas waktu selama

satu jam menjadi **dua** jam. Lalu pada langkah *crashing* selanjutnya dilakukan penambahan 1 teknisi senior dan 1 helper, sehingga durasinya menjadi 1 jam.

j. Pemeriksaan Fire Protecting System

Sistim pemadam kebakaran pada turbin gas yang secara otomatis akan memompa gas CO₂ ketempat-tempat tertentu. Pekerjaan ini adalah melakukan pemeriksaan terhadap pemipaan, dan tabung CO₂ serta, sensor temperatur dan nozzle penyemprot CO₂. Sehingga membutuhkan tambahan sebanyak satu helper, dan pekerjaan dapat dipersingkat menjadi **enam** jam.

k. Pemeriksaan LV distributor panel (400V)

Melakukan pembersihan terhadap Low Voltage distributor panel dilakukan oleh satu teknisi senior dan satu helper, dapat ditambahkan satu helper sehingga durasi pekerjaan berkurang dua jam menjadi **enam** jam.

l. Start Unit Full Speed No Load

Adalah salah satu kegiatan terakhir dalam inspeksi sebelum melakukan operasi yang sesungguhnya, dimana mesin dihidupkan dengan kapasitas maksimal yaitu 1500 rpm tapi tidak menggunakan beban. Dalam kegiatan ini tidak ada penambahan tenaga kerja karena sudah mencukupi.

m. Commercial operation

Membuka beban dan menjalankan mesin seperti sebelumnya dengan kata lain mesin kembali beroperasi dan menampung beban listrik. Pada aktivitas ini juga tidak dapat dilakukan penambahan tenaga kerja.

4.2.1 Perhitungan Jumlah penambahan jam orang

Biaya tenaga kerja normal untuk teknisi senior dan helper adalah diuraikan sebagai berikut:

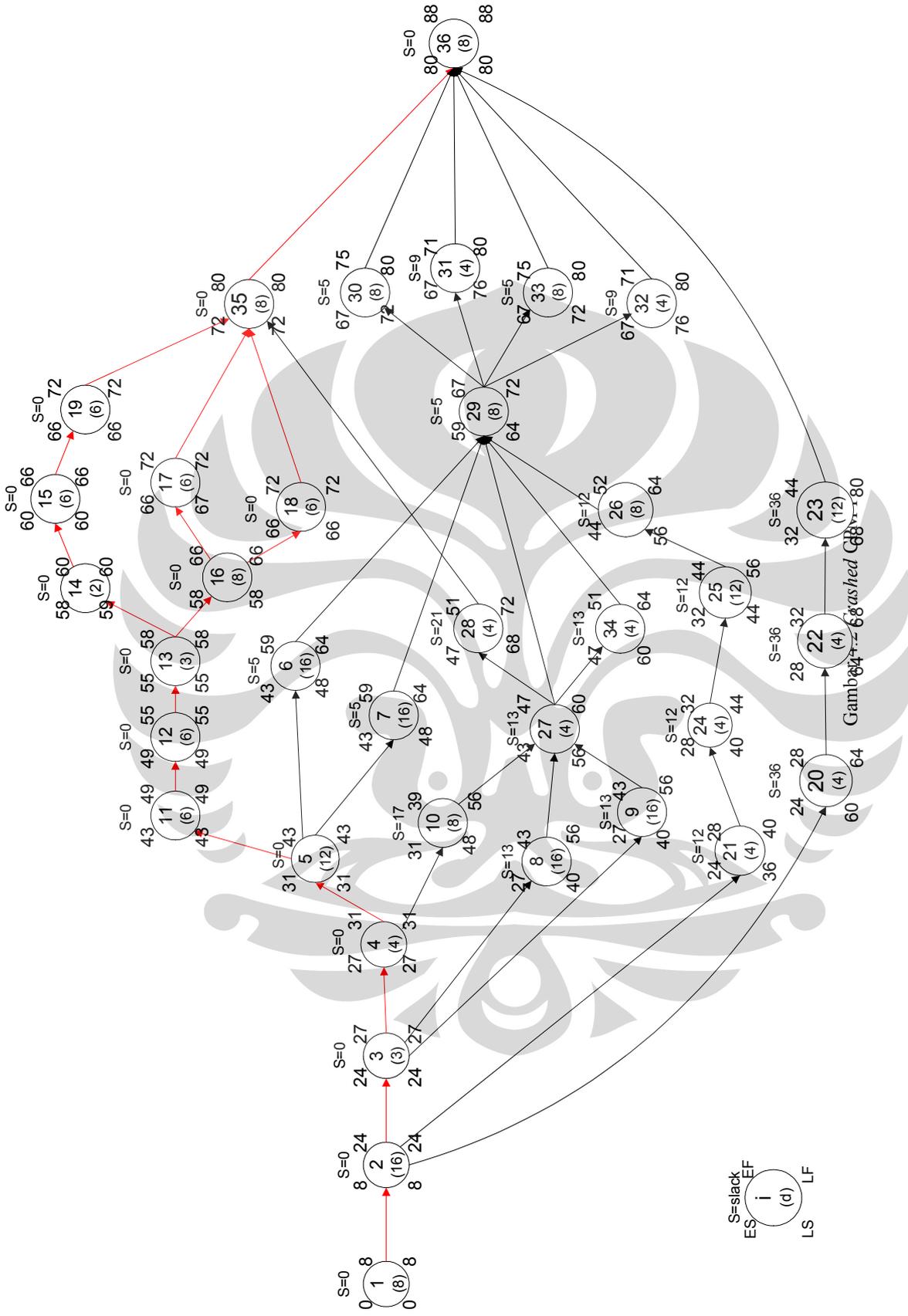
Teknisi senior: Rp. 62,500/jam-kerja
 Helper : Rp. 18,700/jam-kerja

Setelah alokasi di atas maka dapat dilihat hasil perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukan penambahan jumlah tenaga kerja.

Penambahan teknisi senior berjumlah: 30 jam-orang

Penambahan helper berjumlah : 82 jam-orang





Tabel 4.4 Biaya Inspeksi Setelah *Crashing* I

kode	Aktivitas	crashed project cost
1	Shut Down Unit	Rp2,397,600
2	Cooling Down Unit	Rp1,598,400
	Mekanik	
3	Pembongkaran enclosure	Rp711,600
4	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	Rp474,400
5	Pengangkatan Servo bahan bakar dan burner	Rp2,846,400
6	Dismantling dan perbaikan fuel nozzle	Rp1,598,400
7	Dismantling dan perbaikan combustion Chamber	Rp1,598,400
8	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	Rp1,598,400
9	Pemeriksaan dan pembaersihan air intake dan VIGV	Rp1,598,400
10	Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper	Rp799,200
	Pekerjaan Listrik	
11	Pemeriksaan dan pembersihan module 52G	Rp1,086,600
12	pengujian relay REG 216	Rp1,086,600
13	pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger	Rp543,300
14	Pemeriksaan dan pembersihan battery	Rp362,200
15	Pemeriksaan fire protection system	Rp1,086,600
16	pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster	Rp799,200
17	pembersihan main transformer	Rp599,400
18	pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang	Rp711,600

19	pemeriksaan LV distributor panel (400V)	Rp1,086,600
Pekerjaan Kontrol dan Instrumen		
20	Pemeriksaan T/C	Rp399,600
21	Pemeriksaan T/T	Rp399,600
22	pemeriksaan P/I	Rp399,600
23	pemeriksaan P/S	Rp399,600
24	pemeriksaan P/T	Rp1,198,800
25	Pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV	Rp1,198,800
26	Pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD	Rp799,200
Commisioning		
27	Rotor barring	Rp1,198,800
28	Blow out	Rp399,600
29	Pemasangan burner, servo dan piping	Rp1,598,400
30	Kalibrasi fuel servo gas dan HSD	Rp1,598,400
31	Misfiring test	Rp399,600

Tabel 4.4 (lanjutan) Biaya Inspeksi Setelah *Crashing* I

32	Minimum flow run test	Rp799,200
33	Pengujian proteksi turbin	Rp799,200
34	off line cleaning compressor	Rp399,600
35	Start unit sampai full speed no load	Rp1,598,400
36	commercial Operation	Rp2,098,400
	total crashed project cost	Rp38,268,100

Dari crashing tahap pertama terdapat tiga *critical path* (gambar 4.2) hal ini tidak dapat dibiarkan karena sebuah CPM harus mempunyai satu *critical path*. besar biaya pun bertambah menjadi Rp. 38,268,100 (tabel 4.4). Pada tahap berikutnya yaitu crashing tahap kedua *critical path* dapat berkurang menjadi dua buah (gambar 4.3), dengan mengurangi durasi kegiatan pembersihan main transformer. Rincian biaya setelah crashing ini dapat dilihat pada tabel 4.4. Dan pada akhirnya didapat sebuah *critical path* yang baru dengan total durasi menjadi 80 hari. (Gambar 4.4, tabel 4.5).

Tabel 4.5 Biaya Inspeksi Setelah *Crashing* II

kode	Aktivitas	crashed project cost
1	Shut Down Unit	Rp2,397,600
2	Cooling Down Unit	Rp1,598,400
	Mekanik	
3	Pembongkaran enclosure	Rp711,600
4	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	Rp474,400
5	Pengangkatan Servo bahan bakar dan burner	Rp2,846,400
6	Dismantling dan perbaikan fuel nozzle	Rp1,598,400
7	Dismantling dan perbaikan combustion Chamber	Rp1,598,400
8	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	Rp1,598,400
9	Pemeriksaan dan pembersihan air intake dan VIGV	Rp1,598,400
10	Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper	Rp799,200
	Pekerjaan Listrik	
11	Pemeriksaan dan pembersihan module 52G	Rp1,086,600
12	pengujian relay REG 216	Rp1,086,600

13	pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger	Rp543,300
14	Pemeriksaan dan pembersihan battery	Rp362,200
15	Pemeriksaan fire protection system	Rp1,086,600

Tabel 4.5 (lanjutan) Biaya Inspeksi Setelah *Crashing* IITabel 4.5 (lanjutan) Biaya Inspeksi Setelah *Crashing* II

16	pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster	Rp799,200
17	pembersihan main transformer	Rp905,500
18	pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang	Rp711,600
19	pemeriksaan LV distributor panel (400V)	Rp1,086,600
	Pekerjaan Kontrol dan Instrumen	
20	Pemeriksaan T/C	Rp399,600
21	Pemeriksaan T/T	Rp399,600
22	pemeriksaan P/I	Rp399,600
23	pemeriksaan P/S	Rp399,600
24	pemeriksaan P/T	Rp1,198,800
25	Pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV	Rp1,198,800
26	Pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD	Rp799,200
	Commisioning	
27	Rotor barring	Rp1,198,800
28	Blow out	Rp399,600
29	Pemasangan burner, servo dan piping	Rp1,598,400
30	Kalibrasi fuel servo gas dan HSD	Rp1,598,400

31	Misfiring test	Rp399,600
32	Minimum flow run test	Rp799,200
33	Pengujian proteksi turbin	Rp799,200
34	off line cleaning compressor	Rp399,600
35	Start unit sampai full speed no load	Rp1,598,400
36	commercial Operation	Rp2,098,400
total crashed project cost		Rp38,574,200

Tabel 4.6 Biaya Inspeksi Setelah *Crashing final*

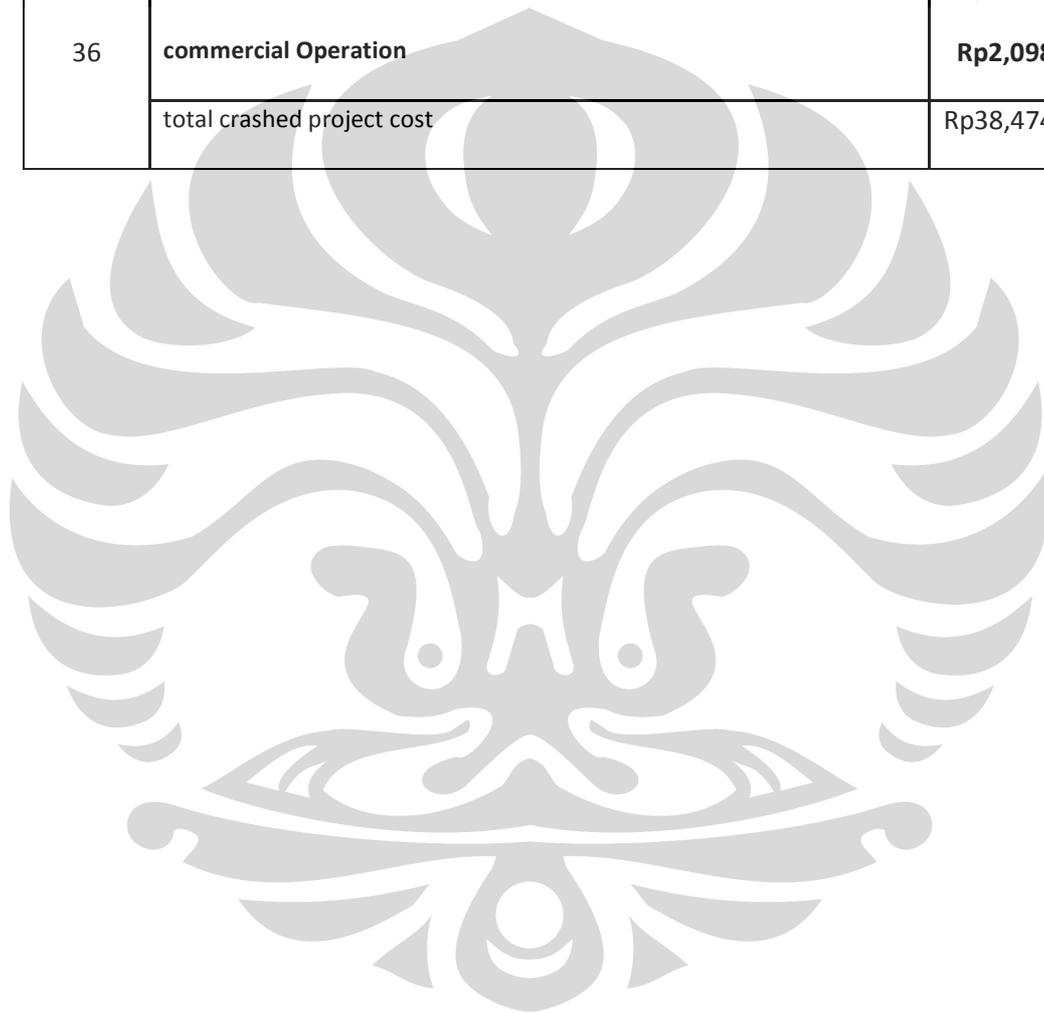
	Aktivitas	crashed project cost
1	Shut Down Unit	Rp2,397,600
2	Cooling Down Unit	Rp1,598,400
Mekanik		
3	Pembongkaran enclosure	Rp711,600
4	Pembongkaran Piping pada Top Combustor	Rp474,400
5	Pengangkatan Servo bahan bakar dan burner	Rp2,846,400
6	Dismantling dan perbaikan fuel nozzle	Rp1,598,400
7	Dismantling dan perbaikan combustion Chamber	Rp1,598,400

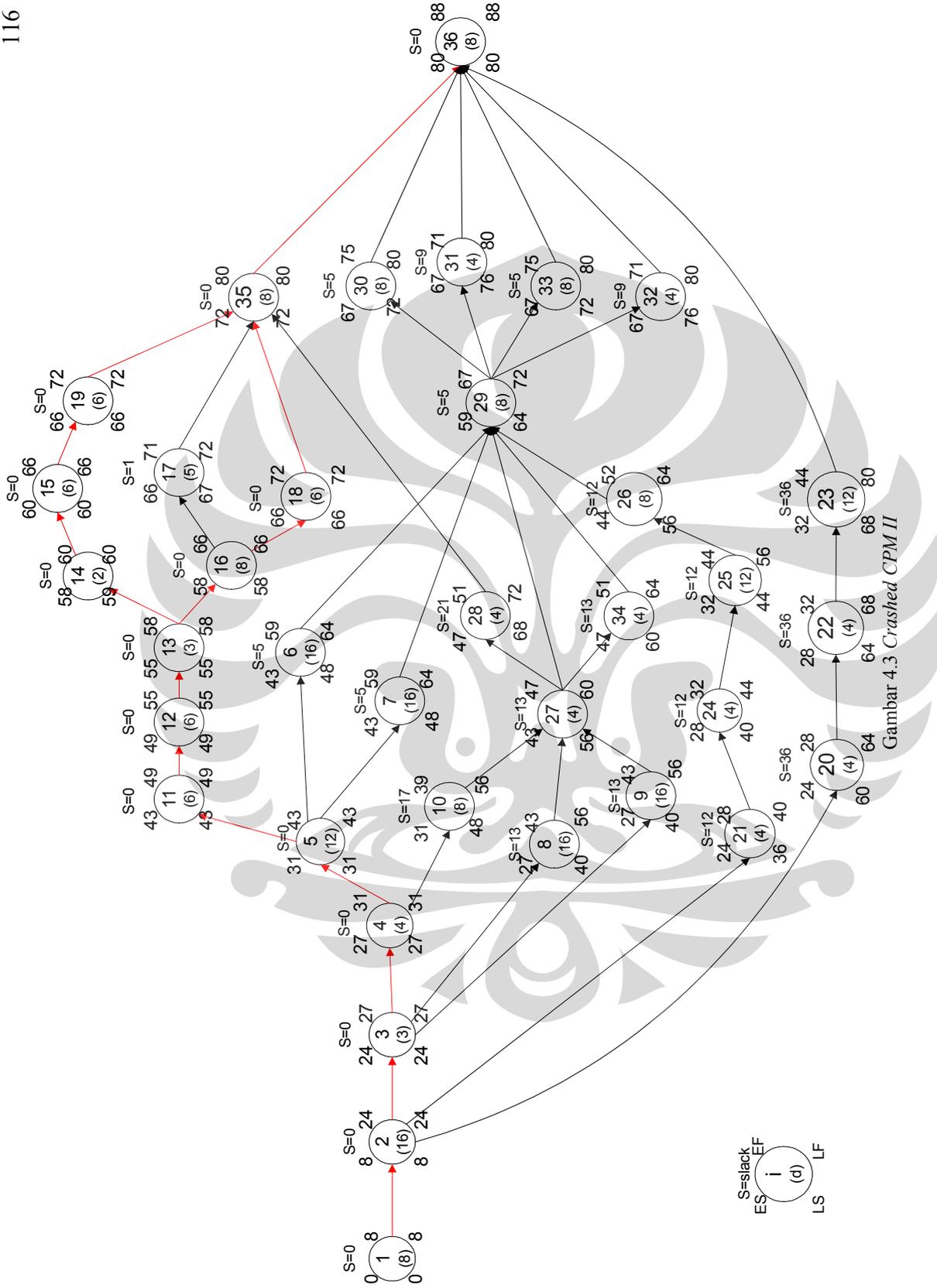
Tabel 4.6 (lanjutan) Biaya Inspeksi Setelah *Crashing final*

8	Pemeriksaan Tula 1, Tula 5, dan Vela 1	Rp1,598,400
9	Pemeriksaan dan pembaersihan air intake dan VIGV	Rp1,598,400
10	Pemeriksaan exhaust diffuser dan stack damper	Rp799,200
Pekerjaan Listrik		

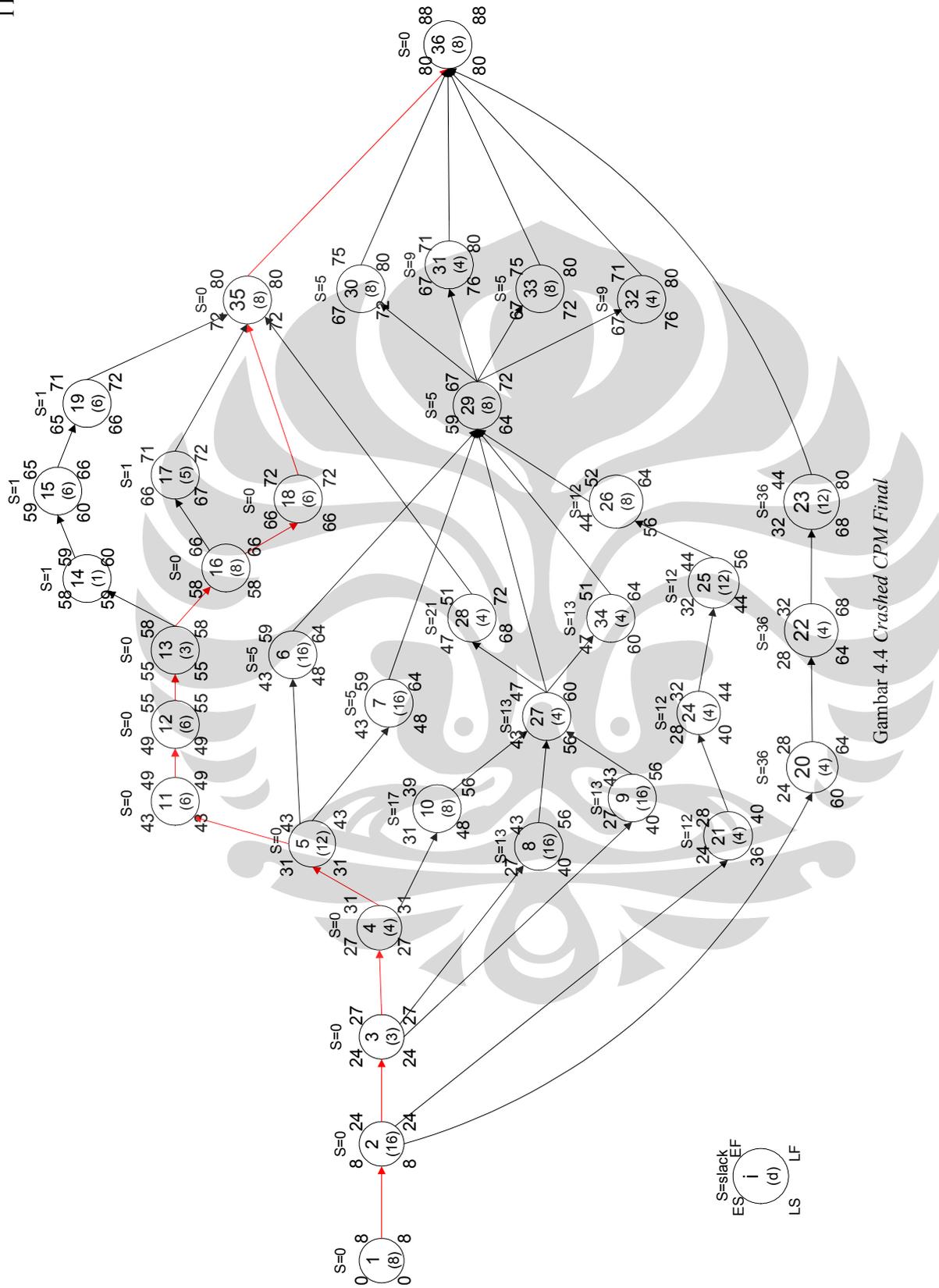
11	Pemeriksaan dan pembersihan module 52G	Rp1,086,600
12	pengujian relay REG 216	Rp1,086,600
13	pemeriksaan dan pembersihan module SFC, exitacy, dan battery charger	Rp543,300
14	Pemeriksaan dan pembersihan battery	Rp262,300
15	Pemeriksaan fire protection system	Rp1,086,600
16	pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan vapour exhauster	Rp799,200
17	pembersihan main transformer	Rp905,500
18	pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang	Rp711,600
19	pemeriksaan LV distributor panel (400V)	Rp1,086,600
Pekerjaan Kontrol dan Instrumen		
20	Pemeriksaan T/C	Rp399,600
21	Pemeriksaan T/T	Rp399,600
22	pemeriksaan P/I	Rp399,600
23	pemeriksaan P/S	Rp399,600
24	pemeriksaan P/T	Rp1,198,800
25	Pemeriksaan flame detector, vibration pick up dan VIGV	Rp1,198,800
26	Pemeriksaan dan pembersihan control valve bahan bakar gas dan HSD	Rp799,200
Commisioning		
27	Rotor barring	Rp1,198,800
28	Blow out	Rp399,600
29	Pemasangan burner, servo dan piping	Rp1,598,400
30	Kalibrasi fuel servo gas dan HSD	Rp1,598,400

31	Misfiring test	Rp399,600
32	Minimum flow run test	Rp799,200
33	Pengujian proteksi turbin	Rp799,200
34	off line cleaning compressor	Rp399,600
35	Start unit sampai full speed no load	Rp1,598,400
36	commercial Operation	Rp2,098,400
	total crashed project cost	Rp38,474,300





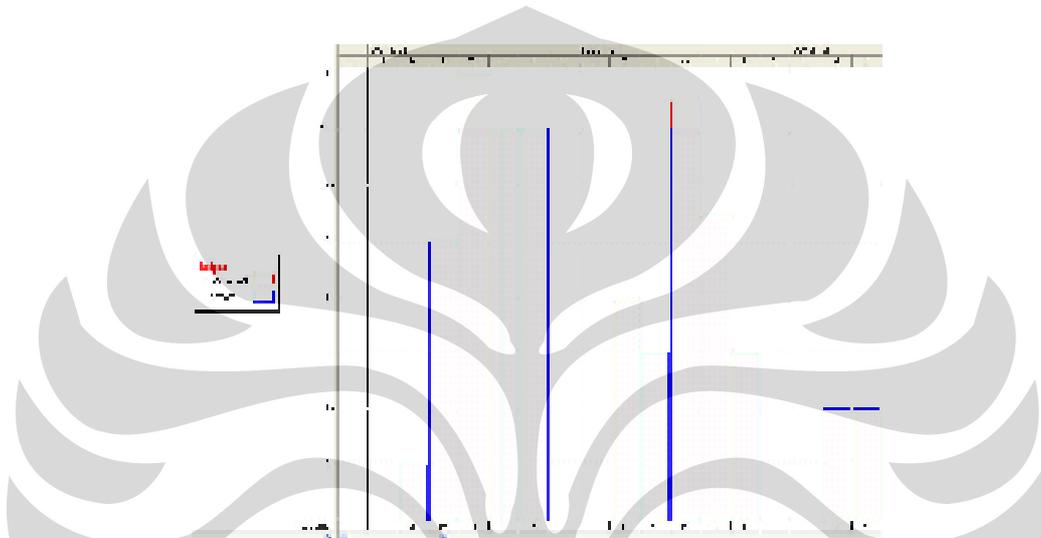
Gambar 4.3 Crashed CPM II



Gambar 4.4 Crashed CPM Final

4.3 Resource Leveling

Dalam inspeksi tipe B terjadi *resource over allocated* pada *helper* di hari ke empat dan sembilan pelaksanaan inspeksi dan *over allocated* pada teknisi senior di hari ke sembilan. Sedangkan *resource* teknisi senior mengalami *over allocated* pada hari ke sembilan inspeksi.



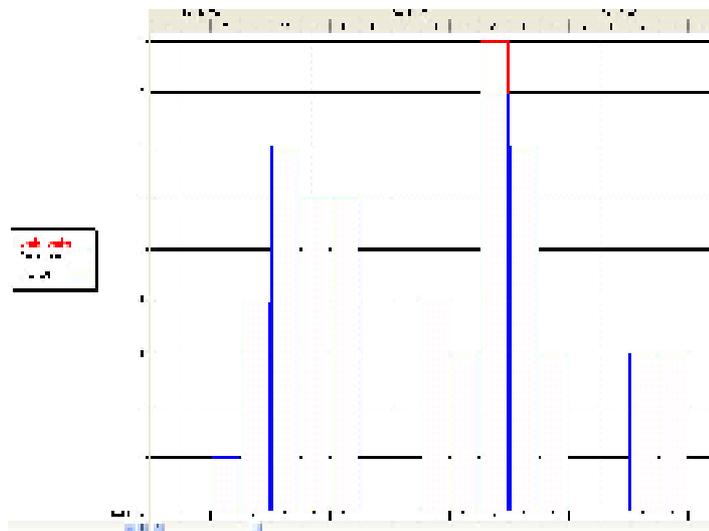
Gambar 4.5 histogram perbandingan jumlah *helper* terhadap durasi inspeksi (sebelum *leveling*)

Pekerjaan yang dilakukan pada hari ke empat adalah:

- Pembongkaran Piping Pada Top Combuster (2 helper)
- Pengangkatan Servo Bahan Bakar (2)
- Pemeriksaan Tule1, Tula1, dan Vela 5 (2)
- Pemeriksaan dan Pembersihan Air Intake dan VIGV
- Pemeriksaan Exhaust Diffuser dan Stack Damper (2)
- Pemeriksaan P/I (2)
- Pemeriksaan P/S (2)
- Pemeriksaan P/S (2)

Pekerjaan yang melibatkan helper yang dilakukan pada hari ke 9 adalah:

- Lanjutan Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger (2)
- Pemeriksaan dan Pembersihan Battery (2)
- Pemeriksaan Fire Protection System (2)
- Penggantian Bearing Motor Gas Relief Fan dan Vapour Extractor (2)
- Pemasangan Burner, Servo, dan Piping (4)
- Kalibrasi Fuel Servo Gas dan HSD (4)
- Misfiring Test (4)
- Minimum Flow Run Test (2)
- Pengujian Turbine Protection (4)



Gambar 4.6 histogram perbandingan jumlah teknisi senior terhadap durasi inspeksi

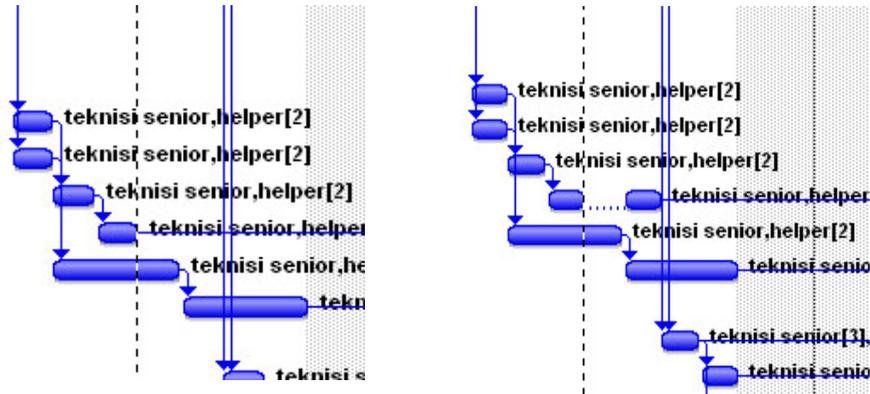
(sebelum *leveling*)

Pekerjaan yang melibatkan dilakukan pada hari ke 9 adalah:

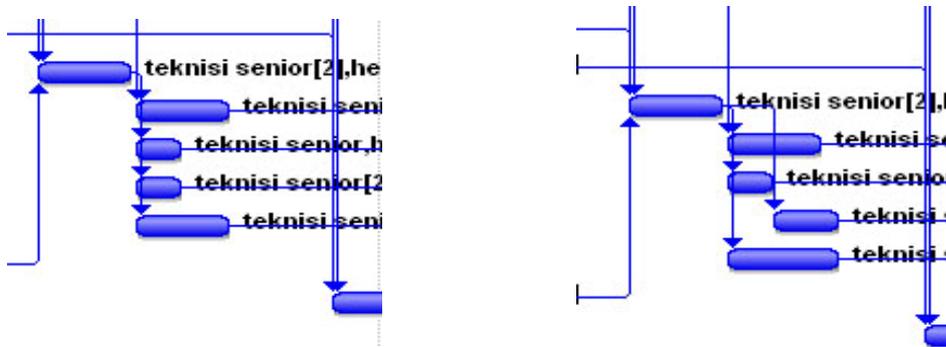
- Lanjutan Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger (1)
- Pemeriksaan dan Pembersihan Battery (1)
- Pemeriksaan Fire Protection System (1)
- Penggantian Bearing Motor Gas Relief Fan dan Vapour Extractor (1)
- Pemasangan Burner, Servo, dan Piping (1)
- Kalibrasi Fuel Servo Gas dan HSD (2)
- Misfiring Test (1)
- Minimum Flow Run Test (2)
- Pengujian Turbine Protection (2)

Leveling helper dilakukan dengan menunda (*delay*) pada pekerjaan Pemeriksaan P/S selama 4 jam dari total *slack* pada pemeriksaan PS yaitu 52 jam menjadi 48 jam

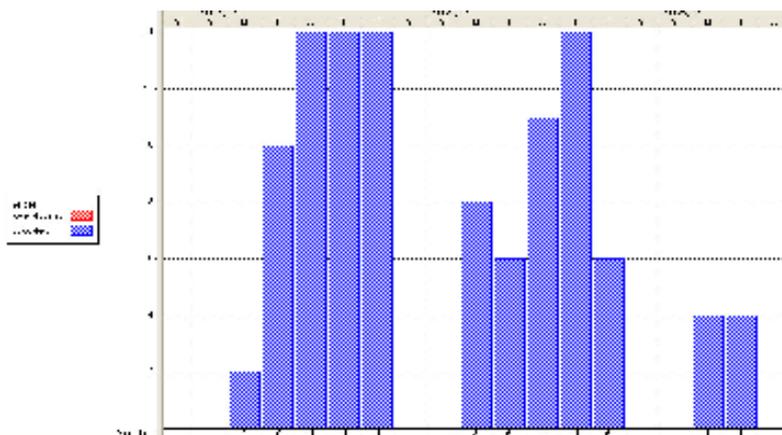
Sedangkan *leveling* untuk teknisi senior dilakukan pada pekerjaan minimum flowrun task dan pengujian proteksi turbin dengan menunda (*delay*) masing-masing pekerjaan selama tiga jam. Dari masing-masing *slack time* 20 jam dan 16 jam, menjadi 17 jam dan 13 jam.



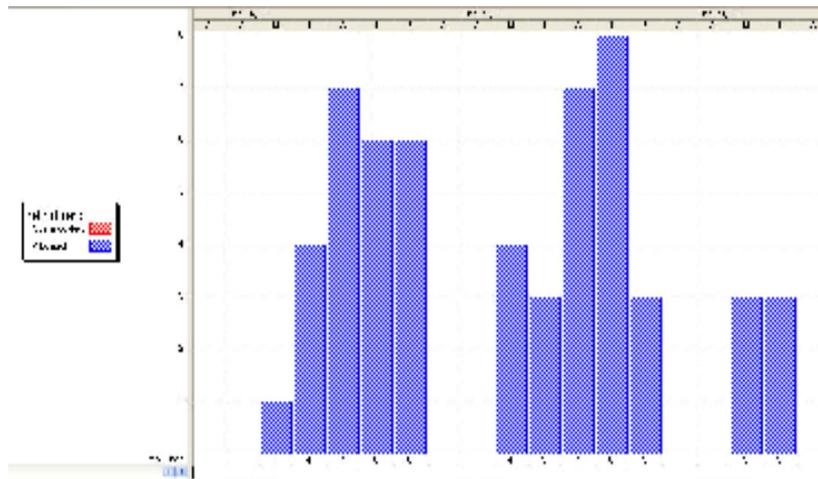
Gambar 4.7 Delay pada aktivitas pemeriksaan P/S



Gambar 4.8 Delay pada aktivitas minimum flowrun task dan pengujian proteksi turbin



Gambar 4.9 histogram perbandingan jumlah helper terhadap durasi inspeksi (setelah leveling)



Gambar 4.10 histogram perbandingan jumlah teknisi senior terhadap durasi inspeksi (setelah *leveling*)

Tabel 4.7 Perbandingan Biaya per Hari kerja setelah *resource leveling*

biaya helper				
sebelum leveling			setelah leveling	
hari ke-	biaya		hari ke-	biaya
1	Rp598,400		1	Rp598,400
2	Rp299,200		2	Rp299,200
3	Rp897,600		3	Rp897,600
4	Rp1,944,800		4	Rp1,795,200
5	Rp1,944,800		5	Rp2,094,400
6	Rp1,944,800		6	Rp1,944,800
7	Rp1,196,800		7	Rp1,196,800
8	Rp897,600		8	Rp897,600
9	Rp1,683,000		9	Rp1,383,800
10	Rp1,234,200		10	Rp1,533,400

11	Rp523,600		11	Rp523,600
12	Rp598,400		12	Rp598,400
13	Rp299,200		13	Rp299,200
	Rp14,062,400			Rp14,062,400
biaya teknisi senior				
sebelum leveling			setelah leveling	
hari ke-	biaya		hari ke-	biaya
1	Rp1,016,000		1	Rp1,016,000
2	Rp508,000		2	Rp508,000
3	Rp1,270,000		3	Rp1,270,000
4	Rp3,048,000		4	Rp3,048,000
5	Rp2,794,000		5	Rp2,794,000
6	Rp3,048,000		6	Rp3,048,000
7	Rp2,032,000		7	Rp2,032,000
8	Rp1,524,000		8	Rp1,524,000
9	Rp3,238,500		9	Rp2,730,500
10	Rp2,476,500		10	Rp2,984,500
11	Rp889,000		11	Rp889,000
12	Rp1,270,000		12	Rp1,270,000
13	Rp762,000		13	Rp762,000
	Rp23,876,000			Rp23,876,000

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis, simulasi, dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kegiatan pemeliharaan preventif gas turbin pada pembangkit listrik tenaga gas dan uap tipe B PT.X terdiri atas tiga proses utama. Ketiga proses yang terdiri dari persiapan, kegiatan inspeksi yang terdiri atas pembongkaran, pekerjaan mekanik, pekerjaan listrik, pekerjaan kontrol dan instrumen, dan selanjutnya proses evaluasi dan ujicoba atau *comissioning*, ketiga proses tersebut saling berkesinambungan, sehingga dapat dibentuk sebuah jaringan kegiatan.
2. *Critical Path* inspeksi B sebelum *craching* adalah sebagai berikut:
 Shut Down unit - Cooling Down Unit - Pembongkaran Enclosure - Pembongkaran Piping pada Top Combustor - Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner - Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 52G - Pengujian Relay REG 216 - Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger - Pemeriksaan dan Pembersihan Battery - Pemeriksaan Fire Protection System - Pemeriksaan LV Distribution Panel (400 V) - Full Speed No Load - Commercial Operation.

Critical Path inspeksi B setelah *crashing* menjadi:

Shut Down unit - Cooling Down Unit - Pembongkaran Enclosure - Pembongkaran Piping pada Top Combustor - Pengangkatan Servo Bahan Bakar dan Burner - Pemeriksaan dan Pembersihan Modul 52G - Pengujian Relay REG 216 - Pemeriksaan dan Pembersihan Modul SFC, Exitacy, dan Battery Charger - pemeriksaan dan perbaikan (penggantian spare part) motor gas relief fan dan

vapour exhauster – pemeriksaan dan pembersihan area generator dan sikat arang
 - Full Speed No Load - Commercial Operation.

3. Dengan penambahan jumlah jam-orang pada beberapa kegiatan inspeksi di dapatkan hasil berupa :
 - Durasi inspeksi menjadi lebih cepat, dari 104 jam menjadi 88 jam.
 - Meningkatkan kesiapan (*availability*) pembangkit (EAF) 85% menjadi 87%.
 - Hal tersebut mengakibatkan mesin pembangkit dapat beroperasi lebih cepat sekitar 16 jam dari jadwal yang diperkirakan.
 - Sehingga menambah income bagi perusahaan sebesar:
 Kapasitas Turbin Gas yang diinspeksi adalah 130 Mega Watt / hari,
 $130 \text{ MW} = 130,000 \text{ Kilo Watt}$
 Dengan konsumsi listrik untuk pembangkit 6%-7% dari jumlah listrik yang dibangkitkan yaitu, $130,000 \text{ KW} \times 7\% = 9100 \text{ KW/hari}$
 Jadi jumlah listrik yang bisa dijual adalah = 120,900 KW/Hari,
 Atau sebesar 5037.5 KW/Jam.
 Dengan penambahan waktu operasi sebanyak 16 jam, dan harga yang ditawarkan PLN per KWH = Rp. 600,-
 maka perusahaan dapat menambah income sebesar:
 $5037.5 \text{ KWH} \times 16 \text{ Jam} \times \text{Rp.}600 = \text{Rp.} 48,360,000,-$
4. *Resource leveling* dapat dilakukan setelah ternyata diketahui terdapat *resource overallocated* pada hari ke empat dan sembilan jalannya inspeksi.
Leveling mengakibatkan berkurangnya jumlah *slack* pada pekerjaan:
 - Pemeriksaan Pressure Switch sebanyak 4 jam (5% efisiensi dari slacktime pekerjaan)
 - minimum flowrun task sebanyak 3 jam (15% efisiensi dari slack time pekerjaan)

- pengujian proteksi turbin sebanyak 3 jam (18% efisiensi dari slack time pekerjaan)

DAFTAR REFERENSI

- Corder, Antony (1992). *Maintenance Management techniques* (Kusnil Hadi, penerjemah). Jakarta: Erlangga
- Gopalarishnan (1991). *Maintenance and Spareparts Management*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited
- Higgins, Lindley (1995). *Maintenance Engineering Handbook* (5th ed.). New York: Mcgraw-Hill.
- Kerzner, Harold (1989). *Project Management: a systems to planning, scheduling, and controlling* (3rd ed.). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Levin R. I., & Kirckpatrick C.A. (1977) *Perencanaan dan Pengendalian dengan PERT dan CPM* (Magdalena Adiwarna Jamin, Penerjemah). Jakarta: Balai Pustaka
- Mann, Lawrence (1976). *Maintenance management*. United States of America: D.C Heath and Company.
- Robert C. (2002). *Standard Handbook of Plant Engineering* (3rd Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Soeharto, Iman (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)* (Jilid I). Jakarta: Erlangga