

**ANALISIS PENERAPAN RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE DAN PENGARUHNYA TERHADAP  
PRODUKTIVITAS, KUALITAS PRODUK DAN KINERJA  
PEMELIHARAAN**

(Studi Kasus di PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik)

**SKRIPSI**

BIDANG STUDI TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:  
**NUR ROHMAN**  
**NIM. 0210620096**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN  
MALANG  
2007**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

### ANALISIS PENERAPAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DAN PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS, KUALITAS PRODUK DAN KINERJA PEMELIHARAAN

(Studi Kasus di PT. PJB Unit Pembangunan Gresik)

KONSENTRASI TEKNIK INDUSTRI

Disusun Oleh :

NUR ROHMAN  
NIM. 0210620096



Disetujui dan disahkan

Malang, 24 September 2007

Dosen Pembimbing II

Harry Sudjono, ST, MT.  
NIP 132 319 980

repository.ub.ac

**ANALISIS PENERAPAN RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE DAN PENGARUHNYA TERHADAP  
PRDUKTIVITAS, KUALITAS PRODUK DAN KINERJA  
PEMELIHARAAN  
(Studi Kasus di PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik)**

Disusun Oleh :

**NUR ROHMAN  
NIM. 0210620096**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 3 Oktober 2007

**DOSEN PENGUJI**

Penguji Skripsi I

Ir. H. Winarno Yahdi Atmodjo, MT  
NIP. 131 280 655

Penguji Skripsi II

Ir. Bambang Indrayadi, MT  
NIP. 131 653 469

Penguji Komprehensif

Ir. Wardi Kasim, MT  
NIP. 130 531 844

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT  
NIP. 132 159 708

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat serta hidayahnya sehingga skripsi yang berjudul **“Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan”** dapat terselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa penulis sampaikan kepada Rosulullah SAW, keluarga, sahabat, serta orang-orang yang mengikuti risalah-Nya hingga akhir zaman.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir.Masduki, MM dan Bapak Harry Sudjono, ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dan masukan pada penulis dalam menyusun skripsi ini.
2. Bapak Ir. Masduki, MM. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT selaku Ketua Jurusan dan Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Prijoto selaku pembimbing dalam penelitian di PT. PJB UP Gresik.
5. Rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang secara langsung atau tidak langsung telah membantu dalam kelancaran penyelesaian skripsi ini dengan baik.
6. Serta semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini serta tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan dalam kesempurnaan skripsi ini.

Malang, September 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	12
1.3 Batasan Masalah.....	12
1.4 Asumsi.....	12
1.5 Tujuan Penelitian.....	13
1.6 Manfaat Penelitian.....	13
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	14
2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	14
2.2 Reliability Centered Maintenance.....	15
2.2.1 Pemeliharaan dan Reliability Centered Maintenance.....	15
2.2.2 Konsep Dasar Reliability Centered Maintenance.....	16
2.2.2.1. Fungsi dan Performa Standar.....	16
2.2.2.2. Kegagalan Fungsional.....	17
2.2.2.3. Mode Kegagalan.....	18
2.2.2.4. Pengaruh Kegagalan.....	19
2.2.2.5. Tindakan terhadap Kegagalan (Failure Consequence).....	19
2.2.3. Penerapan Proses RCM.....	31
2.2.4. Manfaat Penggunaan RCM.....	35
2.3 Kebutuhan Pengukuran Efektifitas Pemeliharaan.....	38
2.4 Pemahaman Variabel Penelitian.....	39
2.4.1. Produktivitas (Productivity).....	39
2.4.2. Kualitas (Quality).....	40
2.5 Metode Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance.....	42
2.5.1. Kinerja Pemeliharaan RCM (Overall Maintenance Results)....	42
2.5.2. Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan Metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas.....	43
2.5.2.1. Structural Equation Modelling.....	43
2.5.2.2. Konvensi SEM.....	45
2.5.2.3. Langkah-langkah Pemodelan SEM.....	46
2.5.3. Pengujian Validitas Model SEM.....	46
2.5.3.1. Indeks Kesesuaian dan Cut off Value.....	46
2.6 Hipotesis.....	51
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	52
3.1 Jenis Penelitian.....	52
3.2 Pengukuran Kinerja Pemeliharaan.....	52

3.3	Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan Metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas .....	52
3.3.1	Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel dalam Metode Structural Equation Modelling.....	52
3.3.2	Populasi dan Sampel .....	54
3.3.3	Asumsi Model Structural Equation Modelling.....	55
3.3.4	Pengumpulan dan Penyusunan Data .....	55
3.3.5	Teknik Analisis Evaluasi Asumsi-asumsi SEM .....	56
3.3.5.1	Pengujian Validitas dan Reliabilitas Instrumen .....	56
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	59
<b>BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>60</b>
4.1	Pengumpulan Data.....	60
4.1.1	Data Realisasi Produksi .....	61
4.1.2	Data Kerusakan PLTGU .....	62
4.1.3	Data Pemeliharaan .....	62
4.1.4	Data Waktu <i>Stand By</i> .....	63
4.1.5	Data Wawancara dan Kuisisioner .....	64
4.1.5.1	Data Variabel Produktivitas .....	64
4.1.5.2	Data Variabel Kualitas .....	70
4.1.5.3	Data Variabel Kinerja Pemeliharaan .....	74
4.2	Analisis Deskripsi Variabel .....	78
4.3	Pengolahan Data .....	81
4.3.1	Perhitungan Kinerja Pemeliharaan Metode RCM (Overall Maintenance Result) .....	81
4.3.2	Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan Metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas.....	84
4.3.2.1	Pengolahan Data dengan <i>Structural Equation Modelling</i> .....	84
4.3.2.2	Uji Goodness of fit .....	87
4.3.2.3	Indeks Modifikasi .....	87
4.3.2.4	Hasil dari Modifikasi SEM .....	88
4.3.2.5	Uji Goodness of Fit Indices Model Struktural Modifikasi dengan SEM .....	89
4.3.3	Evaluasi atas Beberapa Asumsi-Asumsi SEM .....	89
4.3.3.1	Evaluasi atas Model Struktural SEM .....	89
4.3.3.2	Evaluasi Data yang Diperoleh .....	93
4.3.3.3	Pengujian Hipotesis .....	96
4.3.3.3.1	Uji Kausalitas .....	96
4.3.3.3.2	Pengukuran Kausalitas Structural Model SEM .....	97
4.3.3.3.3	Analisis atas Direct Effect, Indirect Effect dan Total Effect .....	98
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>101</b>
5.1	Kesimpulan .....	101
5.2	Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>103</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Produktivitas Perspektif Stakeholders PT. PJB UP Gresik.....	5
Tabel 1.2	Produktivitas Perspektif Internal Perusahaan PT. PJB UP Gresik .....	6
Tabel 2.1	Hasil Penelitian Sebelumnya .....	14
Tabel 2.2	<i>Goodness of Fit Indices</i> .....	50
Tabel 4.1	Realisasi Produksi PLTGU Blok 1 .....	61
Tabel 4.2	Realisasi Produksi PLTGU Blok 2.....	61
Tabel 4.3	Realisasi Produksi PLTGU Blok 3.....	61
Tabel 4.4	Data Kerusakan Instalasi PLTGU .....	62
Tabel 4.5	Jumlah jam Down Time PLTGU .....	63
Tabel 4.6	Waktu Stand By PLTGU blok 1,2 dan 3 .....	64
Tabel 4.7	Data Variabel Produktivitas .....	66
Tabel 4.8	Data Variabel Kualitas .....	71
Tabel 4.9	Data Variabel Kinerja Pemeliharaan .....	75
Tabel 4.10	Hasil Pengujian <i>Regression Weights</i> .....	86
Tabel 4.11	<i>Goodness of Fit indices</i> .....	87
Tabel 4.12	Indeks Modifikasi .....	88
Tabel 4.13	<i>Goodness of Fit Indices</i> modifikasi .....	89
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Reliabilitas (internal) setiap faktor .....	90
Tabel 4.15	Kriteria Indeks Koefisien Reliabilitas .....	91
Tabel 4.16	Fit Measures .....	92
Tabel 4.17	Nilai Koefisien Standardized Regression Weights .....	92
Tabel 4.18	Evaluasi atas dipenuhinya asumsi normalitas dalam data .....	94
Tabel 4.19	Deskripsi Statistik Data .....	95
Tabel 4.20	Residual Statistik .....	95
Tabel 4.21	<i>Regression weight (Loading Factor) Measurement Model</i> .....	96
Tabel 4.22	Direct Effect .....	98
Tabel 4.23	Indirect Effect .....	99
Tabel 4.24	Total Effect .....	99
Tabel 5.1	Hasil Overall Maintenance Results .....	101

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Profil kebutuhan tenaga listrik 2001 – 2013 .....	3
Gambar 1.3	Pangsa pasar energi listrik Jawa Madura Bali 1996 – 2008 .....	7
Gambar 1.4	Penurunan kemampuan pembangkit PT. PJB .....	9
Gambar 2.1	Pola distribusi kegagalan standar .....	22
Gambar 2.2	Pola distribusi kegagalan asset sederhana.....	23
Gambar 2.3	Pola distribusi kegagalan asset yang kompleks .....	24
Gambar 2.4	Logika pemilihan tindakan terhadap kegagalan metode RCM.....	30
Gambar 2.5	Daftar asset sistem produksi di PLTGU .....	31
Gambar 2.6	Grup RCM .....	33
Gambar 2.7	Struktur Implementasi RCM.....	35
Gambar 2.8	Pertumbuhan harapan dunia industri terhadap fungsi pemeliharaan .....	35
Gambar 2.9	Pemeliharaan sebagai proses bisnis .....	39
Gambar 2.10	Rantai reaksi peingkatan produktivitas .....	40
Gambar 2.11	Misi RCM “Maintaining Availability” .....	43
Gambar 2.12	Path diagram untuk regresi berganda .....	44
Gambar 2.13	Contoh path diagram dari model struktural .....	45
Gambar 2.14	Pemeliharaan sebagai proses bisnis .....	51
Gambar 3.1	Model asumsi awal SEM .....	55
Gambar 3.2	Pengolahan data .....	59
Gambar 4.1	Grafik Pendapat Karyawan mengenai Produktivitas .....	78
Gambar 4.2	Grafik Pendapat Karyawan mengenai Kualitas Produk .....	79
Gambar 4.3.	Grafik Pendapat Karyawan mengenai Kinerja Pemeliharaan .....	80
Gambar 4.4	Model struktural penelitian dengan analisis SEM .....	85
Gambar 4.5	Model struktural dengan standardized hasil analisis dengan SEM .....	85
Gambar 4.6	Model Struktural hasil modifikasi dengan SEM .....	88
Gambar 4.7	Hasil estimasi model struktural modifikasi dengan SEM .....	88

**DAFTAR LAMPIRAN**

No.	Judul
Lampiran 1	Teks Output Hasil Analisis dengan SEM
Lampiran 2	Output Asumsi SEM (SPSS Viewer)
Lampiran 3	Kuisioner Penelitian
Lampiran 4	Realisasi Produksi yang dicapai PT. PJB UP Gresik (Januari s.d. Desember 2005)
Lampiran 5	Realisasi waktu operasi dan gangguan operasi PT. PJB UP Gresik (Januari s.d. Desember 2006)
Lampiran 6	Rencana dan realisasi inspeksi UP Gresik tahun 2006



## RINGKASAN

**NUR ROHMAN**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2007, *Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan*, Dosen Pembimbing : Ir. Masduki, MM. dan Harry Sudjono, ST.,MT.

Produktivitas dan kualitas produk menjadi faktor penting untuk perbaikan kinerja perusahaan. Hal ini disebabkan karena produktivitas menunjukkan efisiensi dari sistem produksi. Sedangkan kualitas produk menunjukkan besarnya tingkat kesalahan dari proses suatu sistem produksi.

PT. Pembangunan Jawa Bali (PT. PJB) merupakan perusahaan vital di Indonesia karena PT. PJB sebagai produsen tenaga listrik yang andal dengan tugas utama menyediakan kebutuhan listrik masyarakat yang berada di wilayah Jawa – Bali. Akan tetapi, saat ini PT. PJB memiliki permasalahan dengan upaya peningkatan produktivitas di setiap lini perusahaan yang disebabkan karena penurunan kemampuan pembangkit dan semakin meningkatnya kebutuhan listrik masyarakat. Sehingga diantara alternatif solusi yang sedang ditempuh adalah dengan menggunakan Reliability Centered Maintenance sebagai metode pemeliharaan.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan metode pemeliharaan yang bertujuan untuk membuat jadwal pemeliharaan lebih efektif dan berupaya menjaga sistem memiliki keandalan yang diinginkan sebagaimana sistem tersebut dibuat. Selain tujuan utama tersebut, RCM juga dapat meningkatkan motivasi dan kerjasama diantara karyawan serta beberapa manfaat yang lain.

Dari beberapa hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang penerapan RCM yang telah dilakukan oleh PT PJB. Sehingga, pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi Reliability Centered Maintenance yang telah dilakukan PT. PJB dan pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan.

Dari hasil penelitian dan pembahasan diperoleh nilai Availability, Mean Time to Failure, Mean Time to Repair, Breakdown Frequency serta Production Rate Index dengan hasil yang sangat baik. Sehingga dapat dikatakan bahwa kinerja pemeliharaan yang dilakukan oleh PT. PJB UP Gresik cukup baik. Juga dari hasil analisis dengan Structural Equation Modelling (SEM) menghasilkan keputusan bahwa pemeliharaan yang dilakukan dengan metode RCM berpengaruh secara signifikan terhadap Produktivitas dan Kualitas Produk.

Kata kunci : Reliability Centered Maintenance, Produktivitas, Kualitas Produk, Kinerja Pemeliharaan

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tujuan utama setiap perusahaan adalah untuk mencapai laba yang optimal. Untuk mencapai tujuan perusahaan itu, maka diperlukan suatu perencanaan yang sempurna dan usaha keras perusahaan melakukan *continous improvement*. Perkembangan pasar dan persaingan yang ketat menuntut sebuah perusahaan meningkatkan kemampuan daya saing untuk memenangkan persaingan. Dan hal ini tentu membutuhkan peningkatan kinerja perusahaan dengan berupaya untuk terus mengembangkan *Business Process Improvement*. Banyak sekali *benchmarking* yang dibutuhkan, diantaranya adalah perbaikan sumber daya manusia dengan peningkatan skill dan ilmu pengetahuan, perbaikan proses dengan cara *reengineering*, memperbaiki kualitas produk dalam konsep desain maupun manufaktur, memperbaiki proses komunikasi dan informasi antara perusahaan dengan pelanggan (*Customer Relationship Management*) dengan supplier (*Supply Chain Management*) ataupun juga dengan sumber daya yang ada di perusahaan (*Enterprise Resource Planning*), dan tentu saja perbaikan produktivitas merupakan faktor penting yang erat sekali dengan perbaikan kinerja perusahaan.

Produktivitas menjadi faktor penting untuk perbaikan kinerja perusahaan. Hal ini disebabkan karena produktivitas menunjukkan efisiensi dari sistem produksi. Produktivitas merupakan pengukuran dari efisiensi yang menunjukkan seberapa efektif input yang dikonversi menjadi output. Ataupun juga produktivitas merupakan hubungan kuantitatif antara apa yang diproduksi dan apa yang kita gunakan sebagai suatu sumber daya untuk menghasilkan produk tersebut. Produktivitas meningkat ketika kuantitas output yang dihasilkan perusahaan meningkat secara relatif dibandingkan dengan kuantitas input yang dibutuhkan. Sedangkan efisiensi meningkat ketika biaya input yang dibutuhkan berkurang secara relatif dibandingkan dengan nilai output yang dihasilkan. Produktivitas membantu meningkatkan produksi melalui utilisasi sumber daya secara efisien dan input secara lebih baik.

PT Pembangunan Jawa-Bali (PT. PJB) merupakan perusahaan vital di Indonesia karena PT. PJB sebagai produsen tenaga listrik yang andal dengan tugas utama untuk menyediakan kebutuhan listrik masyarakat yang berada di wilayah Jawa Timur dan Bali. Tenaga listrik yang dihasilkan PT. PJB akan didistribusikan kepada masyarakat oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) sebagai pemegang kuasa usaha ketenagalistrikan dan pemegang izin usaha ketenagalistrikan di Indonesia (sesuai

dengan Undang-Undang) di bawah unit perusahaan PT. PLN yang berwenang mengatur transmisi dan penyaluran beban listrik di Jawa - Bali yaitu Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali (P3B). Sehingga dapat dimungkinkan tenaga listrik yang dihasilkan PT. PJB akan disalurkan ke seluruh Jawa – Bali melalui sistem interkoneksi. Sistem Interkoneksi merupakan sistem transmisi listrik 500KV di bagian utara Jawa yang merupakan satu-satunya jaringan penghubung daya dari PLTU Paiton di Jawa Timur ke Jawa Barat, yang dibangun pada tahun 1984 bersamaan dengan beroperasinya PLTU Suralaya. PT. PJB mengendalikan enam pembangkit listrik yang tersebar di sebelah barat sampai sebelah timur pulau Jawa. Didukung oleh 2.121 tenaga kerja, dengan total kapasitas pembangkit yang terpasang 6.511 MW, dan asset yang setara dengan Rp 41,5 trilyun. PT. PJB merupakan Industri pembangkit listrik berkualitas tinggi yang berbasis pada prinsip perusahaan bisnis yang efektif dan sehat.

PT. PJB telah berhasil memperoleh banyak penghargaan, diantaranya *Zero Accident and Golden Flag Award* dalam bidang Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Pembangkit listrik yang beroperasi juga dianugerahi ISO 9001 and 9002 untuk *Quality Management System* and ISO 14001 untuk *Environmental Management System*.

PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkitan Gresik (PT. PJB UP Gresik) adalah bagian perusahaan PT. PJB yang menangani satu dari enam unit pembangkit listrik milik PT. PJB yang terletak di Gresik sekitar 20 km arah barat laut kota Surabaya, tepatnya di desa Sidorukun, Jl. Harun Tohir, Kecamatan Kebomas, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Dengan kapasitas terpasang 2280 MW (terdiri dari 21 generator) yang terdiri dari 3 macam mesin pembangkit yaitu :

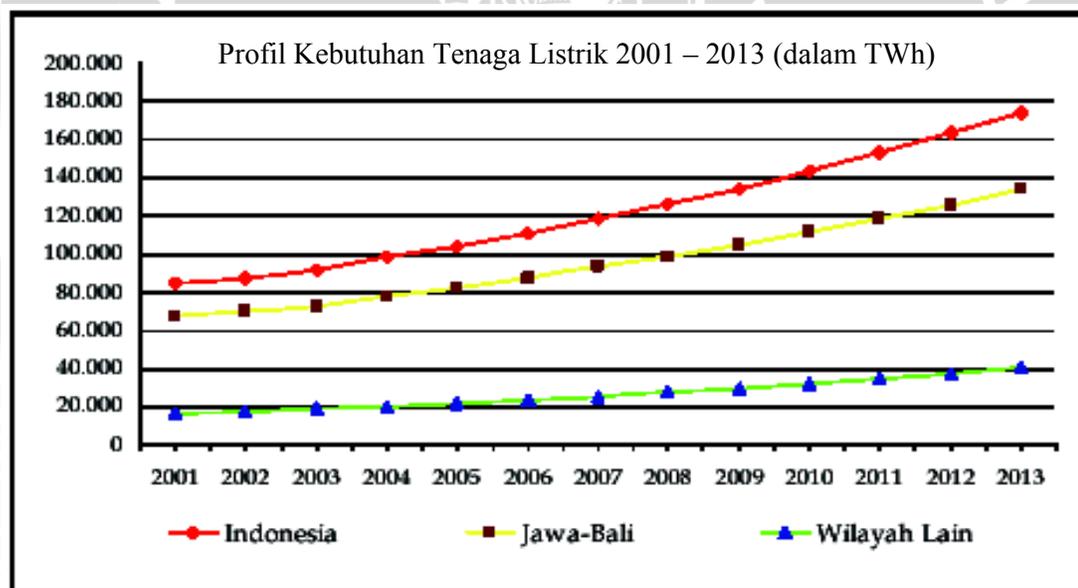
- Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) kapasitas 103 MW
- Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) kapasitas 600 MW
- Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) kapasitas 1578 MW

Sehingga PT. PJB UP Gresik merupakan bagian perusahaan yang bertanggung jawab terhadap 35% kapasitas produksi PT. PJB.

Energi listrik merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan bagi jalannya roda perekonomian, baik bagi sektor rumah tangga untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari, perusahaan untuk kegiatan produksi dan investasi, maupun bagi pemerintah untuk mendorong terciptanya kesejahteraan masyarakat. Keperluan tersebut meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi, karena banyaknya kegiatan produksi dan penggunaan sarana kehidupan berteknologi tinggi yang menggunakan listrik. Dari hasil studi Arsyad

(1994) mengenai hubungan kausalitas antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi di Indonesia terlihat bahwa aktifitas ekonomi akan mempengaruhi tingkat konsumsi energi. Oleh karena itu, penyediaan energi listrik mutlak diperlukan dalam rangka menjamin tercapainya sasaran pertumbuhan ekonomi dan mencapai kesejahteraan masyarakat. Di beberapa negara, mati listrik bahkan sudah dianggap sebagai bencana nasional, mengingat besarnya kerugian yang ditimbulkannya. Selain itu, sebagian besar kegiatan ekonomi sangat tergantung pada penyediaan energi listrik, misalnya industri manufaktur, industri jasa, industri transportasi, perdagangan, pendidikan, dan sebagainya.

Data menunjukkan bahwa kebutuhan tenaga listrik secara nasional mencapai 88 TWh tahun 2000, dan meningkat mencapai 99 TWh tahun 2004. Untuk tahun 2010 diperkirakan konsumsi listrik secara nasional meningkat mencapai 145 TWh atau rata-rata pertahun naik sebesar 7,74%. Kebutuhan tenaga listrik Indonesia dapat dilihat di gambar 1.1. berikut ini:



Gambar 1.1 Profil Kebutuhan Tenaga Listrik 2001 - 2013  
(Sumber : PT. PLN Persero )

Berdasarkan regional atau wilayah, jumlah konsumsi listrik terbesar terdapat di Jawa – Bali yang mencapai 79,7 TWh tahun 2004 atau 80,5 % dari konsumsi listrik nasional. Hal ini wajar karena dari 33 juta konsumen listrik di seluruh Indonesia, sebanyak 22,6 juta konsumen listrik atau 68,48 % berada di Jawa – Bali. Jumlah konsumsi listrik di Sumatera sebesar 11,6 TWh tahun 2004 atau 11,7% dari konsumsi listrik nasional, dengan jumlah konsumen sebesar 5,9 juta pelanggan atau 17,9% dari

total pelanggan. Pada tahun 2004 konsumsi listrik untuk Jawa – Bali mencapai 79,7 TWh dan tahun 2010 diperkirakan meningkat menjadi 125,9 TWh. Untuk mengatasi kekurangan energi di tahun-tahun yang akan datang, maka PT. PLN berupaya untuk menambah infrastruktur pembangkit listrik baru baik pemerintah maupun swasta. Namun hal ini terkendala kemampuan keuangan negara maupun PT. PLN untuk berinvestasi di sektor ketenagalistrikan tidak mencukupi pembiayaan penyediaan listrik yang mencapai sekitar US\$ 750 juta/ tahun (World Bank).

Besarnya konsumsi listrik di Pulau Jawa – Bali saat ini ternyata menjadi salah satu permasalahan yang krusial dalam kebijakan energi di Indonesia. Pada kondisi beban puncak, jumlah daya yang dibutuhkan mencapai 14.800 MW. Tingginya kebutuhan listrik tersebut karena Pulau Jawa – Bali merupakan konsentrasi penduduk terbesar dan pusat industri di Indonesia.

PT. PLN yang dalam siaran persnya tanggal 2 Juni 2005 menyatakan kemampuan pasokan tenaga listrik untuk wilayah Jawa – Bali cukup dan terus ditambah. “... *Daya terpasang Pusat Listrik yang dimiliki oleh PLN di Pulau Jawa – Bali adalah 16.261 MW, dengan Daya Mampu Netto 15.099 MW. Sedangkan pembangkit terpasang yang dimiliki oleh Swasta adalah sebesar 3.255 MW, sehingga total daya terpasang pembangkit di sistem Jawa – Bali 19.516 MW dengan Daya Mampu Pasok pada tanggal 2 Juni 2005 sebesar 14.625 MW. Beban puncak tertinggi Pulau Jawa – Bali terjadi pada tanggal 29 April 2005 sebesar 14.821 MW, dimana beban puncak tanggal 2 Juni 2005 sebesar 14.575 MW...*” (Siaran Pers PT. PLN tanggal 2 Juni 2005).

Meski pasokan tenaga listrik diberitakan masih berada pada tingkat yang relatif aman (sedikit melebihi tingkat permintaannya). Akan tetapi, PT. PLN terus berupaya keras untuk menjaga ketersediaan tenaga listrik tersebut. Bahkan pemerintah telah berupaya membantu mengkampanyekan penghematan listrik di malam hari pada kelompok pelanggan rumah tangga yang diserukan melalui Keppres Nomor 10 Tahun 2005 dan berhasil. Buktinya terjadi penurunan beban puncak dari posisi tertinggi pada tanggal 29 April 2005 sebesar 14.821 MW menjadi 14.575 MW pada tanggal 2 Juni 2005. Namun, upaya yang paling penting adalah dengan terus menjaga agar produktivitas pembangkit listrik yang telah dimiliki senantiasa optimal.

PT. PJB dan seluruh bagian perusahaannya ikut bertanggung jawab untuk menangani permasalahan krusial ini. Sehingga, produktivitas merupakan “watch word” (kata semboyan) bagi PT. PJB. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada misi PT. PJB:

1. Menjadi Industri pembangkit listrik yang dinamis dan progressif.
2. Memberikan hasil terbaik kepada stakeholders, karyawan, pelanggan, suppliers, pemerintah, masyarakat dan lingkungan.
3. Memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik

Berikut dalam tabel 1.1. di bawah ini adalah pandangan produktivitas menurut “stakeholders” PT. PJB UP Gresik:

Tabel 1.1 Produktifitas Perspektif Stakeholders PT. PJB UP Gresik

STAKEHOLDERS PT. PJB UP GRESIK	PRODUKTIVITAS
Pemegang Saham	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meningkatnya keuntungan</li> <li>▪ Meminimalkan Harga Pokok Produksi (HPP) dan memaksimalkan penjualan</li> </ul>
Pelanggan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tidak ada keluhan</li> <li>▪ Memenuhi peraturan</li> </ul>
P3B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kualitas baik</li> <li>▪ Availability dan Reliability tinggi</li> <li>▪ Harga kompetitif</li> </ul>
PT. PJB	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontrak kerja tercapai</li> <li>▪ Melebihi ekspektasi</li> </ul>

Sumber : PT. PJB UP Gresik

Adapun pandangan produktivitas menurut **internal perusahaan** PT. PJB UP Gresik ditunjukkan dalam tabel 1.2. sebagai berikut:

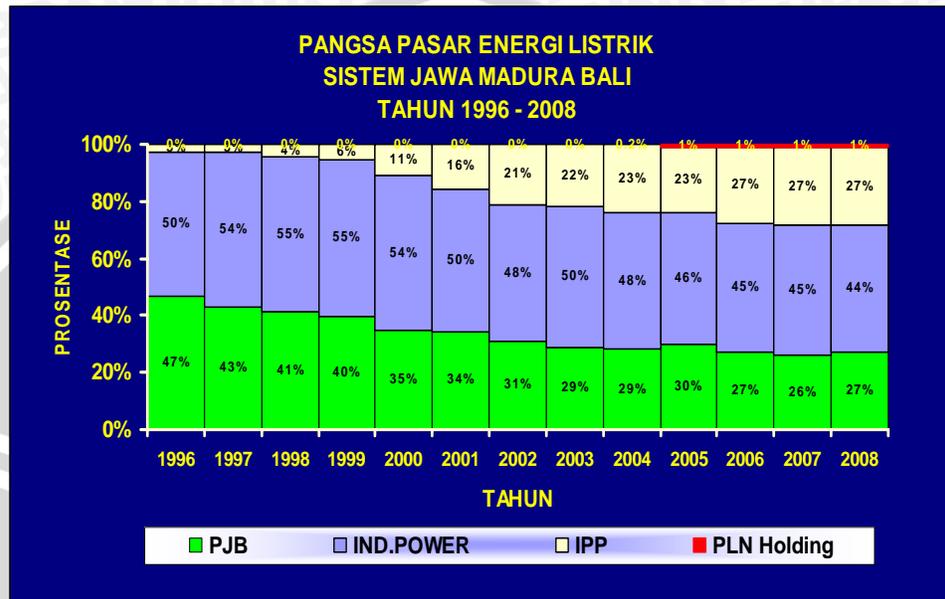
Tabel 1.2 Produktifitas Perspektif Internal Perusahaan PT. PJB UP Gresik

PERSPEKTIF INTERNAL PT. PJB UP GRESIK	PRODUKTIVITAS
Manajemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengoptimalkan kinerja perusahaan</li> </ul>
Sumber Daya Manusia dan Budaya Kerja Karyawan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strategi meningkatkan skill dan kompetensi</li> <li>▪ Strategi meningkatkan Budaya Continuous Improvement, Problem Solving &amp; Accountability</li> <li>▪ Strategi meningkatkan motivasi &amp; kepuasan kerja</li> </ul>
Operasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strategi mengoptimalkan kinerja pembangkit dan efisiensi</li> <li>▪ Strategi mengoptimalkan proses operasi</li> <li>▪ Strategi mengoptimalkan manajemen material</li> <li>▪ Strategi mengoptimalkan manajemen resiko dan Keselamatan Kesehatan Kerja (K3)</li> </ul>
Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strategi meningkatkan Reliability dari mesin dan perlengkapan pembangkit listrik</li> <li>▪ Strategi mengoptimalkan manajemen pemeliharaan</li> </ul>

Sumber : PT. PJB UP Gresik



Menurut data di gambar 1.2. di bawah ini, PT. PJB hampir setiap tahun mengalami penurunan *market share* penguasaan pangsa pasar energi listrik di Jawa, Madura dan Bali.



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
JAWA BALI	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IND.POWER	50%	54%	55%	55%	54%	50%	48%	50%	48%	46%	45%	45%	44%
PJB	47%	43%	41%	40%	35%	34%	31%	29%	29%	30%	27%	26%	27%
IPP	3%	3%	4%	6%	11%	16%	21%	22%	23%	23%	27%	27%	27%
PLN Holding	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.3%	1.1%	1.2%	1.0%

Gambar 1.2. Pangsa Pasar Energi Listrik Jawa Madura Bali 1996 - 2008

Sumber : PT. PJB UP Gresik

Menurut informasi yang diperoleh bahwa penurunan *market share* penguasaan pangsa pasar energi listrik di Jawa, Madura dan Bali antara lain disebabkan:

1. Kebutuhan masyarakat di Jawa, Madura dan Bali akan energi listrik semakin meningkat. Hal ini karena Pulau Jawa, Madura dan Bali merupakan konsentrasi penduduk terbesar dan pusat industri di Indonesia. Selain itu juga karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan kebutuhan masyarakat akan energi listrik, yaitu:

a. Pertambahan Penduduk dan Pertumbuhan Ekonomi

Jumlah penduduk Indonesia sebanyak 220 juta dan pertumbuhannya rata-rata sebesar 1,5 persen/tahun, serta tingkat pertumbuhan ekonomi sebesar 3

persen/tahun dalam lima tahun terakhir berimplikasi pada tingginya konsumsi tenaga listrik. Tenaga listrik digunakan masyarakat untuk mendukung aktivitas dalam rumah tangga maupun menjalankan usaha (bisnis dan industri).

b. Peralihan Penggunaan Listrik Non-PLN ke Listrik PLN

Peningkatan harga BBM yang terus terjadi sejak bulan Maret 2005 menyebabkan banyak industri yang semula membangkitkan listrik sendiri dengan menggunakan "genset" kemudian beralih ke listrik PLN yang menjadi relatif lebih murah. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya lonjakan penggunaan tenaga listrik.

c. Kecenderungan Masyarakat Menggunakan Listrik Secara Boros

Perilaku konsumsi tenaga listrik oleh masyarakat cenderung boros. Di kalangan rumah tangga hal ini ditandai oleh penggunaan jumlah lampu hemat energi yang masih terbatas, karena alasan harga jenis lampu tersebut yang dirasa mahal. Masyarakat umumnya tidak memperhitungkan bahwa penghematan pengeluaran dari penghematan listrik karena penggunaan jenis lampu tersebut akan lebih besar. Sedangkan di kalangan industri, misalnya industri tekstil, masih banyak dijumpai penggunaan mesin-mesin tua yang masih dipertahankan oleh pengusaha padahal produktivitasnya sudah berkurang dan menuntut penggunaan listrik yang lebih besar per satuan produksi.

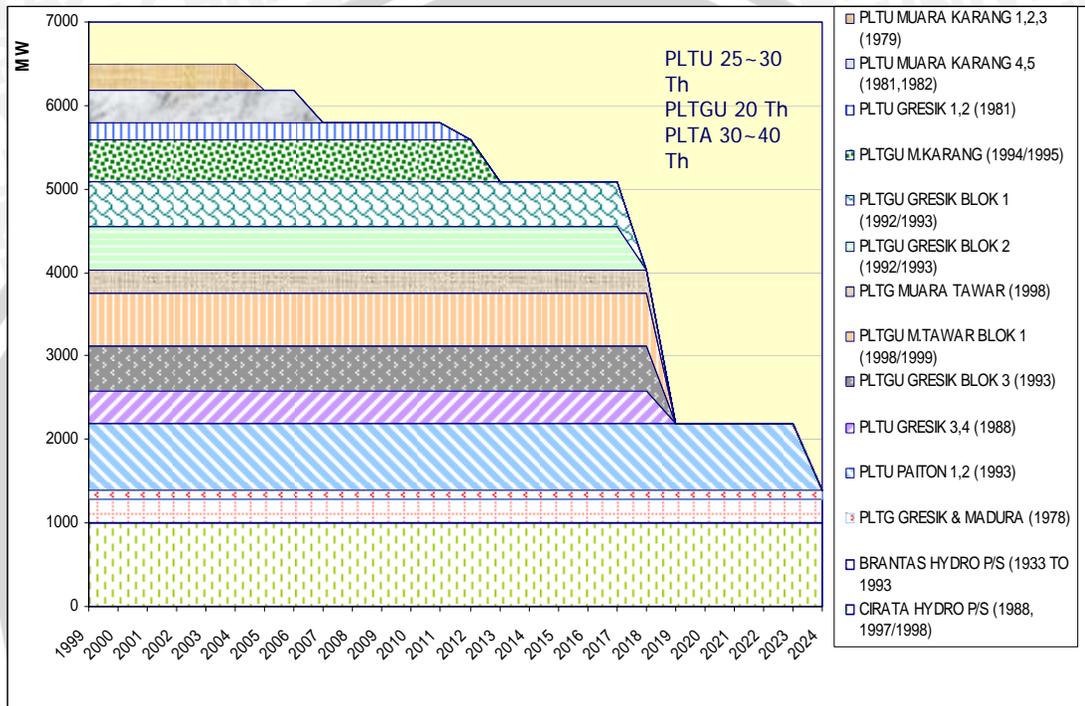
2. Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik di Jawa, Madura dan Bali tentu saja harus diimbangi dengan pemenuhan kebutuhan tersebut. Oleh karena itu, kebutuhan kapasitas tambahan tersebut diperoleh PT. PLN dari IPP-swasta. Hal ini disebabkan karena rendahnya kemampuan PT. PLN untuk pembangunan infrastruktur listrik baru, PT. PLN diperkirakan memerlukan dana investasi sebesar Rp 60,3 triliun dengan tingkat pertumbuhan ekonomi 3,93% per tahun (Media Indonesia, 5 September 2005). Jumlah dana investasi tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia dimana konsumsi tenaga listrik terbesar berada di Pulau Jawa dan Bali sebesar 83,6 TWh atau 80% dari keseluruhan konsumsi listrik di Indonesia.

3. Pada seluruh pembangkit tenaga listrik yang ada, umumnya terjadi perbedaan (*gap*) antara daya terpasang, daya mampu netto, dan daya mampu pasok (Elektro Indonesia, 1997). Menurutnya, penyebab hal tersebut antara lain:

a. Berkurangnya umur teknis peralatan pembangkit. Berkurangnya umur teknis peralatan menyebabkan penurunan kemampuan pembangkitan (*derating*), apalagi selama ini setiap pembangkit selalu dioperasikan secara maksimal

mengingat keterbatasan jumlah pembangkit. Menurunnya kemampuan pembangkit seiring dengan bertambahnya usia pembangkit sejak awal dipergunakan, hal ini dapat dilihat dengan jelas melalui gambar 1.3. di bawah ini:

**PENURUNAN KEMAMPUAN PJB (Natural)  
Tanpa Tambahan Pembangkit Baru & Rehabilitasi**



Gambar 1.3. Penurunan Kemampuan Pembangkit PT. PJB  
Sumber : PT. PJB UP Gresik

- b. Kegiatan pemeliharaan peralatan pembangkit. Beberapa pembangkit *down time* (tidak beroperasi) karena sedang dalam pemeliharaan sesuai dengan jadwal pemeliharaan masing-masing pembangkit.

Oleh karena itu, PT. PJB menghadapi masalah penjaagaan dan peningkatan produktivitas pembangkit. Dan untuk menangani masalah ini, maka PT. PJB berupaya keras untuk melakukan pembenahan dengan cara terus menerus melakukan perbaikan untuk meningkatkan kinerja di setiap lini perusahaan dengan menggulirkan *Maintenance Optimization Program*. Menurut Direktur Produksi PT. PJB Bagiyo Riawan (Kompas, 3 Juni 2005) : "*Maintenance Optimization Program* merupakan implementasi terakhir metode pemeliharaan dan merupakan standar pemeliharaan pembangkit listrik di Amerika Serikat". Sehingga visi perusahaan PT. PJB adalah

*menjadi perusahaan pembangkit listrik terkemuka di dunia.* Dan di antara bagian penting dari *Maintenance Optimization Program*, yaitu sistem baru untuk memperbaiki kemampuan pembangkit yaitu **Reliability Centered Maintenance (RCM)**.

Konsep RCM pertama kali diterapkan pada industri pesawat terbang pada era 1970 dan telah digunakan sejak tahun 1985 untuk memenuhi kebutuhan pemeliharaan pada pembangkit listrik tenaga nuklir. Proses RCM pada awalnya diaplikasikan selama phase desain dan pengembangan dari sistem suatu mesin ataupun sistem mekanika. Hal ini dilakukan dengan alasan bahwa keandalan sistem merupakan aspek yang tidak boleh dipisahkan dari suatu desain. Kemudian proses RCM diaplikasikan kembali, sebagai kebutuhan selama phase operasi untuk menopang program pemeliharaan yang lebih optimal berdasarkan pada pengalaman di lapangan secara aktual. RCM merupakan metode yang unggul untuk membentuk sebuah jadwal program pemeliharaan. Selama beberapa tahun telah diaplikasikan di berbagai industri di dunia dan berhasil membangun jadwal pemeliharaan yang lebih efektif. Misalnya, pada industri penerbangan sipil dan militer, industri kapal perang, sistem persenjataan laut, pembangkit listrik dan industri kimia. RCM dipilih menjadi metode pemeliharaan ketika keandalan sistem menjadi sangat penting bagi keamanan dan lingkungan sekitar. Karena alasan sederhana yaitu menjaga agar sistem bekerja dengan kapasitas maksimum. Menurut SAE JA1011 (standar aplikasi RCM), RCM membantu mengeliminasi *downtime* (sistem tidak beroperasi) yang tidak diperlukan, menambah waktu yang dipergunakan sistem untuk berproduksi dan tentu saja hal ini menambah keuntungan perusahaan.

RCM telah ditemukan lebih dari 30 tahun, di akhir tahun 60-an. Dimulai dengan studi dari kegagalan pesawat penumpang berkapasitas muat besar yang dilakukan oleh Nowlan dan Heap. Perusahaan United Airlines menginginkan untuk mengurangi jumlah dari pemeliharaan yang terjadi ketika munculnya generasi pertama pesawat terbang dengan badan pesawat yang lebih luas dan lebar. Sebelumnya pemeliharaan pesawat terbang mengandalkan pengalaman teknisi pemeliharaan, dan karena perhatian nyata tertuju pada faktor *safety* sehingga pelaksanaan pemeliharaan menjadi sangat berhati-hati. Dengan pesawat terbang yang lebih besar dan luas, tentu saja lebih banyak bagian pesawat yang berpotensi menjadi rusak. Akibatnya, kebutuhan pemeliharaan tumbuh secara pesat dan membutuhkan waktu banyak untuk perbaikan. Oleh karena itu, untuk bepergian menggunakan pesawat terbang menjadi sangat mahal dan benar-benar tidak ekonomis. Akan tetapi, karena RCM dan kebijakan perusahaan United Airlines untuk

mencoba pendekatan baru dalam pemeliharaan, sehingga berhasil meningkatkan jumlah jam terbang pesawat, dengan catatan *safety* yang meningkat secara konsisten sejak pertama kali RCM diperkenalkan. Hal tersebut dapat terjadi, karena RCM menggunakan *monitoring system* yang ketat untuk mengidentifikasi kegagalan fungsi dari sistem pesawat terbang sebelum benar-benar terjadi. Kegagalan fungsi mengungkapkan indikasi akan terjadinya sebuah kegagalan yang membutuhkan beberapa macam cara penanganan, dimana harus ada campur tangan untuk mengembangkan sebuah test untuk mencari sumber dan akibat dari kegagalan. Serta memutuskan apakah sistem perlu didesain ulang, atau hanya cukup dilakukan perbaikan seperti biasa. Sehingga, kegagalan itu telah berkurang dampaknya dan diizinkan untuk terjadi karena hanya menyebabkan masalah kecil –dimana pesawat terbang tetap dapat menjalankan fungsinya dengan aman- dan hal ini tentu saja dalam jumlah yang sangat kecil. Akhirnya, pesawat terbang yang menunda jadwal penerbangan akibat perbaikan yang berhubungan dengan sistem mekanika sangat jarang terjadi, dan pesawat penumpang tersebut biasanya mampu untuk memenuhi jadwal penerbangannya.

RCM dapat membuat sebuah jadwal pemeliharaan yang lebih efektif, dan berupaya membuat sistem memiliki keandalan seperti yang diinginkan pada saat sistem tersebut dibuat. Hal ini dapat efektif karena beberapa hal:

1. Mendeteksi kegagalan lebih dini, sehingga dapat diperbaiki secara cepat dengan sedikit gangguan.
2. Mengeliminasi penyebab dari beberapa kegagalan sebelum benar-benar terjadi.
3. Mengeliminasi penyebab dari beberapa kegagalan melalui sebuah perubahan desain pada sistem.
4. Mengidentifikasi kegagalan sehingga meskipun kegagalan harus terjadi, namun keamanan dapat dipastikan.

Berbagai pembangkit listrik, perusahaan penerbangan, ataupun perusahaan yang lain dimana produktivitas menjadi sangat krusial karena perusahaan tersebut dapat menjual apapun yang mereka produksi. Sudah seharusnya menerapkan RCM dan menjadi bagian dari solusi untuk masalah produktivitas, karena RCM telah terbukti.

Sebagai bagian yang penting dari perusahaan, maka pemeliharaan harus menyatu dengan tujuan dan arah perusahaan secara keseluruhan. Oleh karena itu, metode RCM yang dilakukan oleh PT. PJB harus efektif dan dapat menjadi solusi dari permasalahan produktivitas yang dihadapi PT. PJB.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, sehingga permasalahan penting pada studi di PT. PJB UP Gresik ini adalah:

1. Bagaimana hasil kinerja pelaksanaan Reliability Centered Maintenance yang telah dilakukan PT. PJB UP Gresik terhadap kinerja pembangkit?
2. Seberapa besar pengaruh kinerja Reliability Centered Maintenance terhadap produktifitas dan kualitas di PT. PJB UP Gresik ?

Sehubungan dengan itu maka judul yang akan diambil dalam skripsi ini adalah **“Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan”**

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan spesifik, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di PLTGU blok 1, 2, 3 di PT. PJB UP Gresik .
2. Penelitian yang dilakukan secara kuantitatif.
3. Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan yang meliputi:
  - Aspek - aspek yang menyebabkan kerusakan
  - Peralatan yang digunakan
  - Tata cara pembongkaran dan pemeliharaan
  - biaya pemeliharaan

tidak termasuk dalam pembahasan ini.

### 1.4 Asumsi

Dalam penelitian yang dilakukan di PT. PJB UP gresik ini, menggunakan asumsi sebagai berikut :

1. Semua faktor pendukung dalam kegiatan pemeliharaan seperti tenaga kerja dan ketersediaan suku cadang berjalan normal.
2. Proses produksi berjalan normal.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dengan adanya penelitian dan penyusunan dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi pelaksanaan Reliability Centered Maintenance yang telah dilakukan oleh PT. PJB UP Gresik dan pengaruhnya terhadap upaya peningkatan produktivitas dan kualitas.
2. Mengetahui dampak Reliability Centered Maintenance khususnya terhadap kinerja pemeliharaan di PT. PJB UP Gresik.

### 1.6 Manfaat Penelitian

#### A. Bagi Peneliti

1. Menambah wawasan dan pengalaman mahasiswa terhadap perkembangan industri dan informasi.
2. Menciptakan komunikasi antar mahasiswa dan masyarakat industri sehingga menjadi publikasi almamater maupun perusahaan tempat penelitian dilakukan
3. Adanya kerjasama saling melengkapi antar pihak perguruan tinggi yang diwakili oleh mahasiswa yang bersangkutan dan pihak perusahaan melalui pimpinan perusahaan atau karyawan bersangkutan.

#### B. Bagi perusahaan

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai masukan pada perusahaan terutama terhadap kegiatan pemeliharaan dan upaya peningkatan produktivitas yang telah dilakukan oleh perusahaan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hasil Penelitian Sebelumnya

Selain di perusahaan penerbangan, penerapan RCM juga efektif di industri pertambangan yang biasanya beroperasi di daerah terpencil yang jauh dari sumber suku cadang, material dan tenaga kerja pemeliharaan yang terbatas dan menginginkan keandalan sistem yang sangat tinggi, meminimalisasi *downtime* dan produktivitas maksimum dari sistem produksinya. RCM telah menjadi menjadi keuntungan yang besar. Membuat armada truk pengangkut hasil tambang dan berbagai perlengkapan sistem produksi senantiasa mampu beroperasi dengan baik, mengurangi biaya pemeliharaan untuk suku cadang dan tenaga kerja pemeliharaan serta rencana *downtime* untuk pemeliharaan.

Dalam proses industri, RCM telah sukses digunakan di industri kimia, pengeboran minyak dan gas, penambangan mineral dan peleburan, industri baja, aluminium, pulp dan industri kertas. RCM dapat digunakan di berbagai jenis operasi dimana dibutuhkan keandalan sistem dan produktivitas yang tinggi.

Banyak sekali penelitian sebelumnya mengenai penerapan RCM dalam berbagai macam industri, diantaranya ditunjukkan dalam tabel 2.1. berikut ini:

Tabel 2.1. Hasil Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Martin Marietta Energy Systems, Inc. (1992)	Feasibility Study Application of RCM Techniques for Substation Maintenance at The Bonneville Power Administration	RCM berhasil meningkatkan Reliability dan mengurangi biaya produksi sebesar \$133,281,000. Hal ini disebabkan karena RCM dapat melakukan optimasi terhadap interval pemeliharaan, corrective maintenance, dan biaya penggantian (replacement cost).
2.	Electric Power Research Institutes, Inc. (1998)	Distribution RCM Trims Line Clearance Costs at DECO	RCM berhasil mengurangi biaya produksi Detroit Edison (DECO) sebesar \$17.000.000 dengan membentuk jadwal dan interval pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual sistem dan performance dari komponen, daripada bergantung hanya dari spesifikasi pabrik pembuat komponen dan aplikasi pemeliharaan sebelumnya.

## 2.2. Reliability Centered Maintenance

### 2.2.1. Pemeliharaan dan Reliability Centered Maintenance

Dari sudut pandang *engineering*, ada dua elemen penting bagi manajemen untuk menjaga berbagai asset perusahaan yang berbentuk fisik. Bagaimana memelihara asset fisik tersebut dari waktu ke waktu dan perlukah asset fisik tersebut dilakukan proses modifikasi. Dalam kamus umum bahasa Inggris disebutkan bahwa *maintain* (pemeliharaan) didefinisikan sebagai *as cause to continue* (Oxford) atau *keep in an existing state* (Webster). Hal ini memberikan indikasi bahwa "memelihara" berarti "mempertahankan sesuatu". Ketika bermaksud untuk "memelihara" sesuatu, kita harus bertanya tentang apa yang dimaksud dengan *to cause to continue* (sebab yang membuat sesuatu terus berlangsung)? Apa yang dimaksud dengan kondisi *existing state* yang harus kita pertahankan? Untuk menjawab pertanyaan ini dapat ditemukan dalam fakta bahwa setiap orang yang meletakkan berbagai benda di bagian pemeliharaan dengan maksud untuk diperbaiki, maka pastilah orang tersebut menginginkan agar dilakukan sesuatu terhadap benda tersebut. Dengan kata lain, mereka mengharapkan untuk terpenuhinya sebuah fungsi spesifik dari benda tersebut. Oleh karena itu, dengan mengikuti pengertian tersebut bahwa kita memelihara sebuah asset dengan tujuan untuk menjaga kondisi yang harus terus dipenuhi oleh asset tersebut sesuai dengan keinginan pemakai.

John Moubray (Reliability Centered Maintenance, 1997) mendefinisikan maintenance (pemeliharaan) sebagai *Ensuring that physical asset continue to do what their users want them to do*. Apa yang diinginkan oleh pemakai akan tergantung dengan dimana dan bagaimana biasanya sebuah asset tersebut dipergunakan atau beroperasi. Hal ini mendefinisikan dari Reliability Centered Maintenance dengan *a process used to determine the maintenance requirements of any physical asset in its operating context*. Sehingga dengan mengambil definisi maintenance, maka John Moubray mendefinisikan Reliability Centered Maintenance sebagai *a process used to determine what must be done to ensure that any physical asset continues to do whatever its users want it to do in its present operating context*.

### 2.2.2. Konsep Dasar Reliability Centered Maintenance

Menurut SAE JA1011 (standar aplikasi RCM), proses Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan sebuah proses pemeliharaan yang menjawab dari tujuh pertanyaan mendasar, yaitu:

1. Apakah fungsi dan performa standar dari asset yang diinginkan dalam keadaan operasinya?
2. Kondisi seperti apa sehingga dikatakan asset tersebut gagal untuk memenuhi fungsinya?
3. Apa yang menyebabkan masing-masing kegagalan fungsi dari asset (*functional failure*)?
4. Apa resiko yang terjadi untuk setiap kegagalan?
5. Dengan cara seperti apa masing-masing kegagalan terjadi?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan?
7. Apa yang harus dilakukan bila cara pencegahan terhadap kegagalan (*proactive tasks*) tidak dapat dilakukan?

#### 2.2.2.1. Fungsi dan Performa Standar

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan proses yang harus dilakukan untuk menjaga setiap asset fisik terus melakukan apa yang diinginkan oleh pengguna ketika asset tersebut beroperasi. Sebelum dimungkinkan untuk memulai sebuah proses RCM, maka dibutuhkan dua hal:

- Menentukan apa yang diinginkan oleh pengguna dari asset tersebut
- Menjamin bahwa asset tersebut mampu untuk memenuhi keinginan pengguna ketika asset tersebut didesain (sesuai dengan kapasitas asset tersebut)

Hal ini menjadi alasan bahwa langkah pertama dari proses RCM adalah mendefinisikan fungsi dari masing-masing asset ketika beroperasinya asset tersebut. Dimana hal ini dihubungkan dengan performa standar dari asset. Apa yang pengguna harapkan dari masing-masing asset dapat dikategorikan kedalam dua bagian:

- Fungsi primer adalah hal-hal mengenai alasan utama kenapa asset itu digunakan. Kategori fungsi ini meliputi isu seperti kecepatan, output, kapasitas penyimpanan, kualitas produk, *customer service*, dll.
- Fungsi sekunder adalah fungsi yang diharapkan dari asset selain dari pemenuhan fungsi primernya, biasanya pengguna memiliki keinginan seperti keamanan,

kenyamanan, efisiensi proses operasi, pemenuhan dengan peraturan lingkungan, ekonomi dan hal-hal yang dapat dipenuhi oleh keberadaan asset tersebut.

Penggunaan asset tersebut, biasanya menempati posisi penting dan memiliki kontribusi besar yang membuat kinerja perusahaan dapat terjaga. Kinerja perusahaan tersebut, baik dalam proses produksinya maupun secara keuntungan finansial. Oleh karena itu, penggunaan proses RCM sangat penting bagi asset tersebut sejak awal asset tersebut dibuat dan dipergunakan.

#### **2.2.2.2. Kegagalan Fungsional**

Tujuan dari pemeliharaan didefinisikan oleh fungsi dan hubungannya dengan performa yang diharapkan dari asset. Namun, yang harus diperhatikan adalah bagaimana pemeliharaan dapat mencapai tujuan ini.

Kegagalan fungsional merupakan sebuah kejadian yang dapat menyebabkan berhentinya asset untuk beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, ataupun kondisi menurunnya kemampuan asset tersebut untuk beroperasi sesuai dengan standar performa yang diharapkan dari fungsinya. Hal ini memberikan pengertian bahwa pengembangan sebuah sistem pemeliharaan dan pencapaian tujuannya, hanya dapat tercapai dengan mempergunakan pendekatan yang tepat dan sesuai untuk mengelola setiap kegagalan yang mungkin terjadi. Meskipun ada hal yang harus diingat bahwa sebelum melakukan upaya-upaya perbaikan dari setiap kegagalan, yang pertama harus dilakukan agar proses pemeliharaan dapat berjalan efektif adalah dengan cara mengidentifikasi berbagai macam kemungkinan kegagalan yang dapat terjadi pada asset-asset tersebut. Oleh karena itu, proses RCM melakukan hal ini dengan dua tahapan:

- Pertama, dengan mengidentifikasi keadaan-keadaan yang disebut sebagai kegagalan.
- Kedua, dengan melakukan penelusuran dan penelitian mengenai kejadian-kejadian apa saja yang dapat menyebabkan kegagalan tersebut.

Di dalam RCM, kondisi kegagalan disebut sebagai kegagalan fungsional. Hal ini disebabkan karena kegagalan ini menyebabkan sebuah asset tidak mampu untuk memenuhi fungsinya sesuai standar performa yang dapat diterima oleh pengguna. Disamping ketidakmampuan untuk memenuhi fungsinya, definisi ini juga termasuk kegagalan parsial. Kegagalan parsial merupakan keadaan dimana asset masih berfungsi, akan tetapi tidak dapat memenuhi standar performanya (kondisi asset yang beroperasi

dengan tidak memenuhi standar kualitas ataupun standar akurasi yang dapat diterima). Dan oleh sebab itu, syarat agar suatu kegagalan dapat diketahui hanya jika fungsi dan performa standar dari asset telah didefinisikan secara jelas.

### 2.2.2.3. Mode Kegagalan

Setelah masing-masing kegagalan fungsional dari berbagai asset telah diidentifikasi dengan jelas, langkah berikutnya adalah dengan mencoba untuk mengidentifikasi semua peristiwa yang pantas dan memungkinkan sehingga dapat menyebabkan asset berada pada kondisi kegagalan tersebut. Langkah ini sering disebut sebagai mode kegagalan. Untuk mengetahui mode kegagalan yang dianggap pantas dan memungkinkan akan menyebabkan suatu kegagalan, maka mode kegagalan ini haruslah merupakan sebuah kejadian yang menyebabkan kegagalan pada asset yang sama di perusahaan lain ataupun di bagian lain dari perusahaan. Bahkan bisa juga mode kegagalan tersebut merupakan penyebab kegagalan pada peralatan yang serupa dengan asset tersebut dan beroperasi dengan keadaan operasi yang sama. Setiap kegagalan yang hampir terjadi diupayakan pencegahannya melalui sistem pemeliharaan yang telah ada, namun kegagalan tersebut tidak harus merupakan sesuatu yang hampir terjadi, namun diperkirakan memiliki kemungkinan yang besar untuk terjadinya kegagalan dikemudian hari.

Kebanyakan daftar mode kegagalan dari sistem pemeliharaan tradisional, biasanya hanya memasukan kegagalan yang disebabkan oleh kemunduran kemampuan asset tersebut dilihat dari keadaan beroperasinya asset tersebut secara normal seperti biasanya. Namun kelemahan dari daftar mode kegagalan dari sistem pemeliharaan tradisional adalah bahwa daftar tersebut tidak memasukan kegagalan yang disebabkan oleh *human errors* (baik dari operator maupun teknisi pemeliharaan) ataupun yang disebabkan oleh cacat pada saat phase desain dari asset tersebut. Sehingga keunggulan RCM adalah bahwa seluruh penyebab yang pantas dan mungkin sebagai penyebab dari kegagalan asset dapat didefinisikan, sehingga berbagai kegagalan tersebut dapat dihadapi dengan tepat dan cepat. Namun, yang harus diperhatikan pada saat proses mendaftarkan mode kegagalan adalah bahwa mengidentifikasi penyebab dari masing-masing kegagalan dengan cukup terperinci merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin waktu dan usaha yang dilakukan untuk mengatasi dan menghilangkan gejala-gejala akibat kegagalan tersebut tidak dibuang-buang secara percuma. Akan tetapi, sama pentingnya dengan menjamin bahwa waktupun tidak dibuang-buang secara

percuma untuk menganalisis mode kegagalan itu sendiri, sebagai akibat karena terlalu terperinci proses pengidentifikasian penyebab dari masing-masing kegagalan tersebut.

#### 2.2.2.4. Pengaruh Kegagalan

Langkah keempat dalam proses RCM adalah dengan cara mendaftar dari pengaruh-pengaruh yang timbul ketika terjadinya suatu kegagalan. Pengaruh Kegagalan menjelaskan mengenai seluruh kemungkinan atas apa yang akan terjadi ketika masing-masing mode kegagalan berlangsung. Deskripsi ini harus mengikutsertakan seluruh informasi yang dibutuhkan untuk mendukung evaluasi dari pengaruh-pengaruh kegagalan, seperti:

- Apa fakta-fakta jika kegagalan terjadi.
- Adakah ancaman yang terjadi terhadap *safety* dan lingkungan jika kegagalan berlangsung
- Apakah kegagalan itu mempengaruhi proses produksi atau proses operasi dari perusahaan
- Apa kerusakan fisik yang diakibatkan oleh terjadinya kegagalan
- Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan

Proses mengidentifikasi fungsi dan standar performa dari asset, kegagalan fungsional, mode kegagalan dan pengaruh kegagalan akan memberikan kontribusi yang sangat besar dan peluang yang luar biasa untuk memperbaiki performa dan tingkat *safety* dari perusahaan dan juga mampu menghapuskan pemborosan pada sistem pemeliharaan.

#### 2.2.2.5. Tindakan terhadap Kegagalan (Failure Consequence)

Analisis detail dari rata-rata yang dilakukan oleh industri biasanya memberikan jumlah tiga sampai dengan sepuluh ribu mode kegagalan. Masing-masing dari kegagalan itu memberikan pengaruh bagi setiap perusahaan, tetapi untuk setiap kasus konsekuensinya menjadi berbeda-beda. Mungkin juga memberikan dampak bagi kualitas produk, *customer service*, keamanan ataupun lingkungan. Masing-masing kegagalan menghabiskan waktu dan biaya untuk memperbaikinya.

Ada berbagai macam tindakan yang dapat dilakukan terhadap dimana kegagalan-kegagalan dengan pengaruh paling besar merupakan sesuatu yang harus diupayakan untuk mencegahnya terlebih dahulu. Dengan kata lain, jika sebuah

kegagalan memiliki akibat serius maka tindakan yang dapat dilakukan terhadapnya adalah harus dilakukan langkah besar untuk mencoba menghindarinya. Dan apabila kegagalan tersebut memiliki pengaruh kecil ataupun tidak berpengaruh, maka yang harus dilakukan adalah dengan memutuskan kebijakan pemeliharaan dengan pemeliharaan secara rutin, tidak melebihi pelumasan dan perawatan seperti biasanya.

Kekuatan terbesar dari metode pemeliharaan RCM adalah dengan memberikan perhatian terhadap akibat dari kegagalan, jauh lebih besar daripada aspek teknis perbaikan dari kegagalan tersebut. Faktanya, RCM memberikan batasan bahwa alasan untuk melakukan langkah pemeliharaan yang proaktif bukanlah untuk menghindari kegagalan tersebut, akan tetapi untuk menghindari atau sekurang-kurangnya mengurangi akibat yang ditimbulkan suatu kegagalan. Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan ini kedalam empat kategori, yaitu:

- **Konsekuensi kegagalan yang tersembunyi :**  
Tidak memberikan pengaruh secara langsung, akan tetapi kegagalan ini memberikan informasi kepada perusahaan akan adanya berbagai macam kegagalan yang lebih serius. Sering biasanya konsekuensi kegagalan ini merupakan sesuatu yang akan menjadi bencana besar bagi perusahaan. (kebanyakan dari akibat ini dihindari dengan pemasangan peralatan perlindungan agar tidak terjadi kegagalan).
- **Konsekuensi kegagalan terhadap keamanan dan lingkungan :**  
Sebuah kegagalan dianggap memiliki konsekuensi terhadap keamanan jika kegagalan tersebut dapat menyakiti atau membunuh seseorang. Kegagalan dianggap memiliki konsekuensi terhadap lingkungan jika kegagalan tersebut memberikan dampak bagi perusahaan lain, keselamatan lingkungan secara regional, nasional ataupun mengancam standar lingkungan internasional (misalnya ledakan yang terjadi di Bhopal Industries, India).
- **Konsekuensi operasional :**  
Sebuah kegagalan dianggap memiliki konsekuensi operasional jika kegagalan tersebut memberikan konsekuensi terhadap produksi (output, kualitas produk, *customer service*, ataupun biaya operasi yang berhubungan langsung dengan biaya produksi).
- **Konsekuensi Non-Operasional :**

Kegagalan tersebut memiliki konsekuensi bukan terhadap keamanan maupun produksi. Oleh karena itu kegagalan tersebut berkonsekuensi hanya terhadap biaya perbaikan.

Kemudian proses RCM menggunakan kategori ini sebagai dasar dari sebuah *frame work* yang strategis untuk melakukan keputusan mengenai kebijakan pemeliharaan. Dengan bantuan sebuah daftar susunan dari berbagai konsekuensi masing-masing mode kegagalan, yang dikelompokkan ke dalam empat kategori di atas. Maka hal ini akan dapat mengintegrasikan dari berbagai tujuan dari perusahaan, baik tujuan operasional, lingkungan, ataupun keamanan kedalam fungsi pemeliharaan. Sehingga hal ini sangat membantu dalam membawa isu-isu keamanan dan lingkungan kedalam *mainstream* manajemen pemeliharaan.

Proses evaluasi dari konsekuensi kegagalan juga memberikan pergeseran yang sangat jauh dari keyakinan di bidang pemeliharaan sekitar 20 tahun yang lalu bahwa seluruh kegagalan adalah buruk dan harus dicegah. Kegagalan memang menjadi sesuatu yang harus dilakukan tindakan tepat untuk menanganinya dengan kegiatan pemeliharaan, namun tentu saja kebijakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pun harus benar. Oleh sebab itu, perusahaan harus memberikan fokus perhatian pada aktivitas pemeliharaan yang dapat memberikan pengaruh besar terhadap kinerjanya dan dengan tidak begitu menghabiskan energi dengan melakukan pencegahan terhadap kegagalan-kegagalan yang berpengaruh kecil ataupun tanpa pengaruh sama sekali terhadap kinerja perusahaan tersebut. Hal ini berarti dengan mendorong bagian pemeliharaan untuk berpikir lebih "pintar" dengan cara berbeda untuk mengelola kegagalan. Dan tidak hanya berkonsentrasi terhadap pencegahan kegagalan. RCM membagi teknik manajemen kegagalan ke dalam dua kategori, yaitu:

- *Proactive task* :

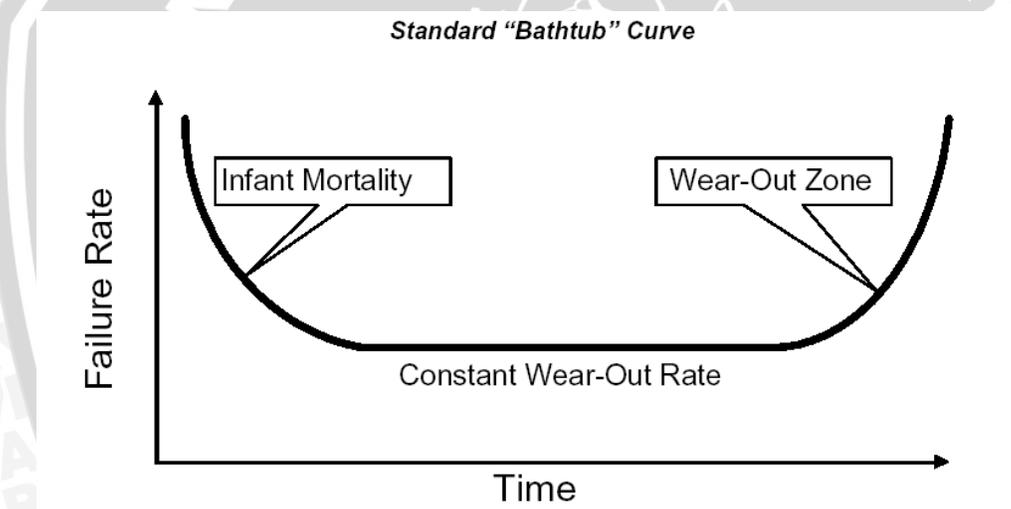
*Proactive task* merupakan suatu tindakan pemeliharaan yang diambil sebelum kegagalan terjadi dan dilakukan untuk mencegah asset berada pada kondisi kegagalan. Hal itu mencakup apa yang disebutkan dalam pemeliharaan tradisional sebagai "*predictive maintenance*" dan "*preventive maintenance*". Namun, dalam terminologi RCM hal tersebut dikenal dengan istilah *scheduled restoration* (perbaikan terjadwal), *scheduled discard* (pembuangan bagian-bagian yang sudah tidak layak secara terjadwal) dan *on condition maintenance* (pemeliharaan berbasis kondisi).

- *Default Actions* :

Default actions merupakan tindakan pemeliharaan yang dilakukan ketika asset berada pada kondisi kegagalan, dan kebijakan *default actions* dipilih ketika tidak dimungkinkan lagi untuk mengidentifikasi dan melakukan kebijakan *proactive task* yang efektif untuk mencegah kegagalan tersebut. Langkah *default actions* meliputi *failure finding*, *redesign* dan *run to failure*.

#### a. Proactive Task

Banyak orang masih percaya bahwa cara terbaik untuk mengoptimalkan keberadaan asset adalah dengan melakukan berbagai macam *proactive maintenance* secara rutin. Generasi kedua mempunyai kebijakan bahwa untuk mengoptimalkan keberadaan asset adalah dengan melakukan overhaul atau penggantian komponen dengan waktu yang tetap. Gambar 2.1. mengilustrasikan waktu yang tetap dari kegagalan.



Gambar 2.1. Pola distribusi kegagalan standar

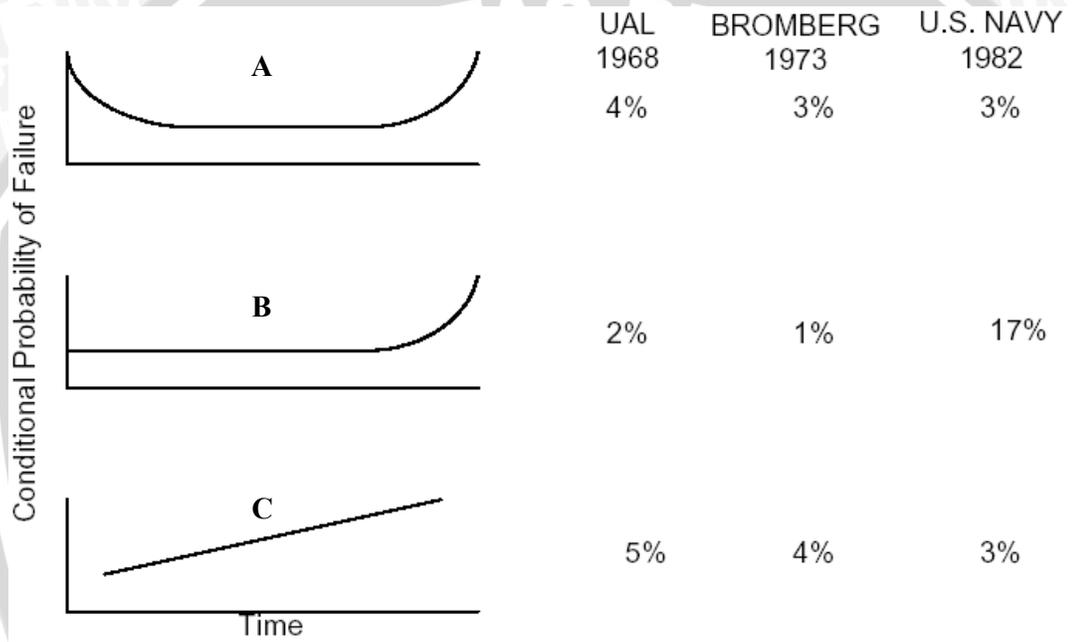
Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

Dari gambar diatas, berdasarkan asumsi bahwa kebanyakan asset beroperasi dengan andal selama periode "X", dan kemudian aus. Cara berpikir klasik meyakini bahwa dengan catatan kegagalan yang sangat luas akan memungkinkan untuk menentukan usia asset dan dapat melakukan tindakan pencegahan lebih cepat sebelum asset mengalami kegagalan.

Model berpikir seperti ini menjadi benar untuk mengelola kegagalan untuk asset-asset yang sederhana. Namun untuk beberapa asset yang lebih kompleks dan dengan mode kegagalan yang dominan, hal ini akan sangat berbeda. Karena biasanya

kegagalan tersebut berupa sesuatu yang lebih "rumit" dan tidak tampak seperti sebuah kegagalan, seperti cacat, retak, korosi, abrasi dan evaporasi.

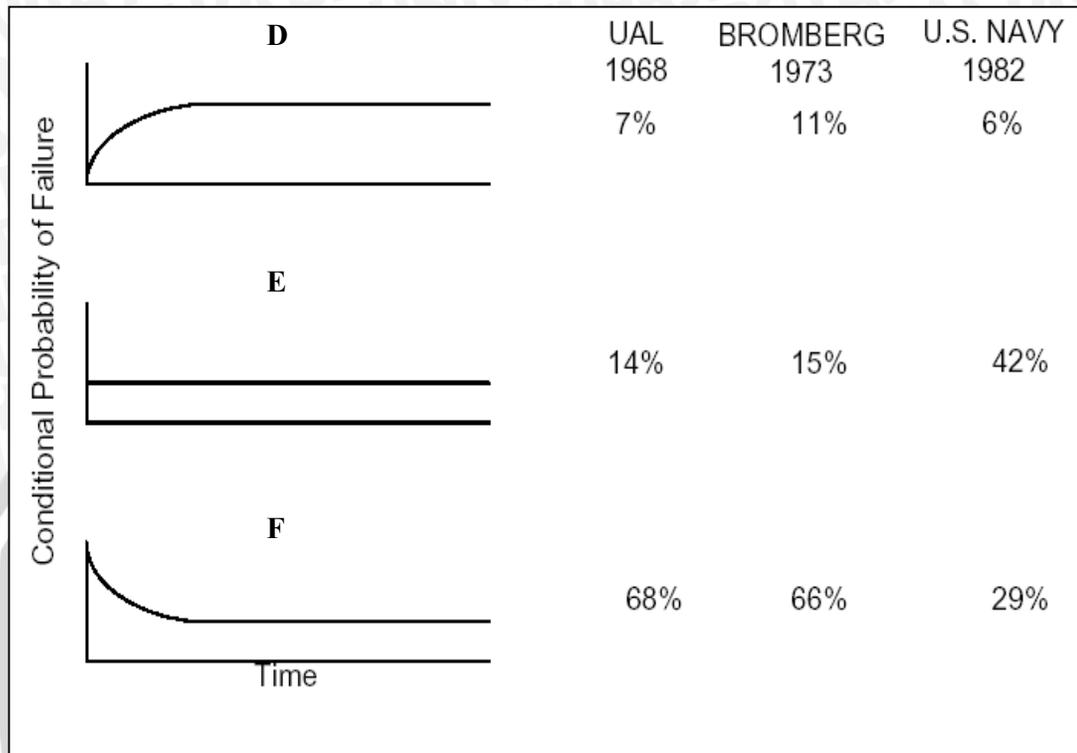
Namun, sekarang ini telah terjadi perubahan secara umum terhadap cara pandang untuk menghadapi kegagalan. Karena asset berubah menjadi sangat kompleks dan juga dengan pola kegagalan yang menjadi lebih rumit. Di gambar 2.2 merupakan grafik pola kegagalan (perbandingan antara probabilitas kegagalan dengan umur operasi) dari asset untuk bagian mekanika dan elektrik pada perusahaan penerbangan di AS.



Gambar 2.2. Pola distribusi kegagalan asset sederhana  
 Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

Pola kegagalan A dikenal dengan bathtub curve, pola kegagalan ini dimulai dengan tingginya insiden dari kegagalan (dikenal sebagai *infant mortality*) diikuti dengan peningkatan kondisi probabilitas kegagalan secara gradual, barulah kemudian memasuki daerah terjadi keausan (*wear out zone*). Pola kegagalan B menggambarkan terjadinya peningkatan kondisi probabilitas kegagalan secara lambat, diakhiri dengan daerah terjadinya keausan (*wear out zone*). Pola kegagalan C menunjukkan terjadinya peningkatan kondisi probabilitas kegagalan secara lambat, namun tidak teridentifikasi umur keausan dari asset.

Pada gambar 2.3. di bawah ini, merupakan pola distribusi kegagalan yang lebih kompleks terhadap asset.



Gambar 2.3. Pola distribusi kegagalan asset yang kompleks  
 Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

Pola kegagalan D menunjukkan kondisi probabilitas kegagalan secara lambat ketika asset berada pada kondisi baru, kemudian meningkat secara cepat menuju level yang konstan, sedangkan pola kegagalan E menunjukkan sebuah kondisi probabilitas kegagalan yang konstan sepanjang umur dari asset (*random failure*). Pola kegagalan F dimulai dengan tingginya insiden kegagalan (*infant mortality*), akhirnya berkurang menuju kondisi yang konstan ataupun meningkat menuju kondisi probabilitas kegagalan yang lebih lambat.

Studi yang dilakukan pada penerbangan sipil di AS (Nowlan Heap, 1982) menunjukkan bahwa 4% asset sesuai dengan pola A, 2% sesuai dengan pola B, 5% sesuai dengan pola C, 7% sesuai dengan pola D, 14% sesuai dengan pola E, dan tidak kurang dari 68% sesuai dengan pola F. Meskipun jumlah waktu terjadinya pola kegagalan tersebut diperlukan waktu yang tidak sama antar perusahaan penerbangan.

Namun hal ini tidak diragukan lagi bahwa asset telah berubah menjadi sangat kompleks, karena kebanyakan berada pada pola E dan pola F.

Hasil studi ini bertolak belakang dengan keyakinan terhadap kebijakan pemeliharaan sebelumnya bahwa selalu ada sebuah hubungan erat antara keandalan dengan umur operasi dari asset. Keyakinan ini menghasilkan ide bahwa lebih sering terhadap sebuah asset dilakukan *overhaul*, maka lebih sedikit pada asset tersebut terjadi kegagalan. Akhir-akhir ini, hal tersebut menjadi gagasan yang jarang sekali benar. Setidaknya, ada sebuah umur operasi yang dominan berhubungan dengan mode kegagalan. Perubahan umur operasi sedikit berubah atau tidak berubah sama sekali terhadap peningkatan keandalan dari asset dengan sistem yang sangat kompleks. Faktanya, *overhaul* yang terjadwal secara aktual terbukti dapat meningkatkan rata-rata kegagalan secara keseluruhan terhadap asset. Hal ini disebabkan karena *overhaul* seakan-akan membuat asset menjadi "baru" dan memperkenalkan kondisi *infant mortality* terhadap asset yang telah mencapai kondisi probabilitas kegagalan yang sangat stabil.

Sebuah kesadaran terhadap fakta ini membuat beberapa perusahaan mengabaikan ide terhadap penggunaan kebijakan pemeliharaan *proactive maintenance* secara total. Dalam faktanya, melakukan *proactive maintenance* secara keseluruhan menjadi sesuatu yang benar untuk dilakukan terhadap kegagalan jika konsekuensi kegagalan yang ditimbulkan beresiko rendah. Namun ketika konsekuensi kegagalan sangat signifikan, maka suatu tindakan pemeliharaan harus dilakukan untuk mencegah ataupun memprediksi kegagalan, ataupun paling tidak tindakan pemeliharaan tersebut dapat mengurangi konsekuensi yang ditimbulkan. Oleh karena itu, RCM membagi *proactive task* kedalam 3 kategori, yaitu:

- Scheduled restoration tasks
- Scheduled discard tasks
- Scheduled on-condition tasks

#### ***Scheduled restoration dan scheduled discard tasks***

*Scheduled restoration task* meliputi *remanufacturing* sebuah komponen atau overhaul suatu asset pada saat atau sebelum batas umur operasinya, tanpa memperhatikan kondisinya pada saat itu. Serupa dengan itu, *scheduled discard task* meliputi membuang bagian-bagian asset pada saat atau sebelum batas umur operasinya, tanpa memperhatikan kondisinya pada saat itu. Tentu saja penggunaan kedua jenis tugas

pemeliharaan ini mempertimbangkan mode kegagalan dan pola kegagalan dari asset tersebut. Kedua jenis tugas pemeliharaan tersebut secara umum dikenal dengan istilah *preventive maintenance*. Dahulu penggunaan *preventive maintenance* merupakan bentuk *proactive maintenance* yang paling banyak digunakan. Namun saat ini, penggunaan *preventive maintenance* ini lebih sedikit dibandingkan dengan 20 tahun yang lalu karena alasan yang telah dijelaskan sebelumnya.

### ***On-condition tasks***

Selanjutnya kebutuhan untuk mencegah jenis kegagalan tertentu dan karena perkembangan dan pertumbuhan berbagai macam jenis kegagalan yang ada saat ini, sehingga teknik pemeliharaan yang ada tidak mampu untuk mencegahnya dan terus berada di belakang pertumbuhan jenis kegagalan baru yang lebih kompleks. Keutamaan teknik *On-condition task* ini adalah berdasarkan keyakinan dari fakta bahwa kebanyakan dari kegagalan yang terjadi memberikan beberapa peringatan sebelum kegagalan tersebut hampir terjadi. Peringatan ini sering disebut *potential failure*. *Potential failure* adalah berbagai macam kondisi fisik dari asset yang dapat diidentifikasi sebagai indikasi bahwa kegagalan fungsi dari asset tersebut (*functional failure*) hampir terjadi atau sedang dalam proses terjadinya kegagalan.

Teknik baru digunakan untuk mendeteksi *potential failure* sehingga tindakan yang tepat dapat diambil untuk mencegah dari konsekuensi yang ditimbulkan apabila sebuah asset memburuk dan jatuh ke dalam kondisi kegagalan fungsi dari asset tersebut (*functional failure*). Teknik ini disebut sebagai *On-condition tasks* karena asset-asset yang bermasalah ditinggal di bagian pemeliharaan pada kondisi dimana asset tersebut diupayakan agar terus dapat digunakan dan dapat kembali beroperasi sesuai standar performa yang diinginkan dari fungsinya. *On-condition maintenance* meliputi *predictive maintenance*, *condition based maintenance* dan *condition monitoring*. Apabila dipergunakan dengan tepat, *On-condition tasks* merupakan cara yang sangat efektif untuk mengelola berbagai jenis kegagalan, akan tetapi *On-condition tasks* dapat menjadi sebuah pemborosan waktu yang sangat mahal. RCM memungkinkan dilakukannya pengambilan keputusan mengenai kebijakan pemeliharaan sesuai dengan kondisi asset dengan akurasi yang sangat meyakinkan.

### b. Default Actions

*Default actions* merupakan tindakan yang dilakukan apabila terjadi kondisi dimana kegagalan fungsi dari asset sudah tidak ada kemungkinan lagi mengidentifikasi langkah *proactive tasks* yang efektif untuk dilakukan. Maka RCM mempunyai tiga kategori *default actions* yang dapat dilakukan, yaitu:

- *Failure-finding* :

*Failure finding task* merupakan suatu beban kerja pemeliharaan yang memerlukan proses pemeriksaan secara periodik terhadap fungsi asset yang tersembunyi sehingga dapat ditentukan apakah telah terjadi kegagalan terhadap asset tersebut.

- *Redesign* :

*Redesign* merupakan suatu beban kerja pemeliharaan yang memerlukan proses merubah berbagai macam bagian yang mengalami kegagalan fungsi dengan cara mendesain ulang termasuk memodifikasi dari bentuk fisik dari asset bahkan termasuk perubahan prosedur dari sistem yang dilakukan untuk memperbaiki kapabilitas sistem.

- *No scheduled maintenance* :

Sesuai dengan namanya, *no scheduled maintenance* merupakan tindakan untuk tidak melakukan upaya apapun dalam mengantisipasi ataupun mencegah mode kegagalan yang akan terjadi, dan juga secara lebih sederhana adalah proses untuk mengizinkan kegagalan tersebut untuk terjadi dan kemudian diperbaiki yang disebut dengan proses *run to failure*.

### Proses Pemilihan Tindakan RCM yang Tepat terhadap Kegagalan

Keunggulan RCM yang paling utama adalah bahwa RCM merupakan metode yang sederhana, tepat dan mudah untuk difahami untuk memutuskan kebijakan pemeliharaan *proactive tasks* yang dapat digunakan dalam berbagai keadaan asset secara benar dan tepat. Dan juga membantu dalam memutuskan seberapa sering *proactive tasks* tersebut harus dipergunakan dan siapa yang seharusnya mengerjakan hal tersebut.

Menentukan benar ataupun tidak dalam kebijakan pemeliharaan *proactive tasks* tergantung dari karakteristik teknis serta mode kegagalan dan pola kegagalan dari asset yang hendak dicegah keagalannya tersebut. Apakah suatu kebijakan pemeliharaan yang dilakukan merupakan sesuatu yang bernilai untuk dilakukan, hanya dapat

ditentukan dengan baik jika kebijakan pemeliharaan yang dilakukan dapat menghadapi konsekuensi kegagalan yang mungkin terjadi.

Apabila tidak ditemukan *proactive tasks* yang mungkin dan dapat dilakukan secara teknis ataupun tidak ditemukan *proactive tasks* yang dapat berarti untuk menghadapi kegagalan, maka default action yang sesuai harus diambil. Hal-hal esensi yang harus dilakukan sebagai cara pemilihan *default actions* yang tepat adalah sebagai berikut:

- Konsekuensi kegagalan yang tersembunyi, maka *proactive tasks* bernilai untuk dilakukan apabila hal itu dapat mengurangi resiko dari beragam kegagalan yang mungkin terjadi. Kegagalan tersebut yang diasosiasikan dengan turunnya kemampuan asset untuk memenuhi fungsinya ke dalam level yang rendah. Apabila tidak ditemukan *proactive tasks* yang dapat mengatasi masalah tersebut, maka dilakukan penjadwalan *failure finding tasks*. Apabila *failure finding tasks* tidak ada yang sesuai, maka harus dilakukan default actions yang kedua yaitu proses *redesign* terhadap asset tersebut.
- Konsekuensi kegagalan terhadap keamanan dan lingkungan, maka sebuah *proactive tasks* bernilai untuk dilakukan apabila dapat mengurangi resiko yang diakibatkan kegagalan tersebut dan mengubahnya menjadi hanya mengakibatkan menurunnya kemampuan operasi dari asset kedalam level yang sangat rendah. Apabila tidak ada *proactive tasks* yang dapat melakukan hal seperti itu, maka langkah *default actions* yang harus ditempuh terhadap asset adalah dengan cara *redesign* (mendesain ulang) atau proses yang ada harus dirubah.
- Konsekuensi kegagalan terhadap operasional, maka sebuah *proactive tasks* bernilai untuk dilakukan apabila total biaya untuk melakukan *proactive tasks* tersebut melampaui suatu periode waktu tertentu, biayanya lebih rendah daripada biaya konsekuensi operasional yang ditimbulkan dan biaya perbaikan asset tersebut selama periode waktu yang sama. Dengan kata lain, *proactive tasks* tersebut dibenarkan oleh pertimbangan aspek finansial. Apabila tidak ada yang dapat dibenarkan untuk melakukan *proactive tasks*, maka yang harus dilakukan adalah dengan cara melakukan *default actions* jenis *no scheduled maintenance*. Kemudian apabila kegagalan ini terulang, dan konsekuensi operasional yang terjadi masih tinggi dan tidak dapat diterima maka default actions yang dilakukan adalah dengan cara melakukan *redesign*.

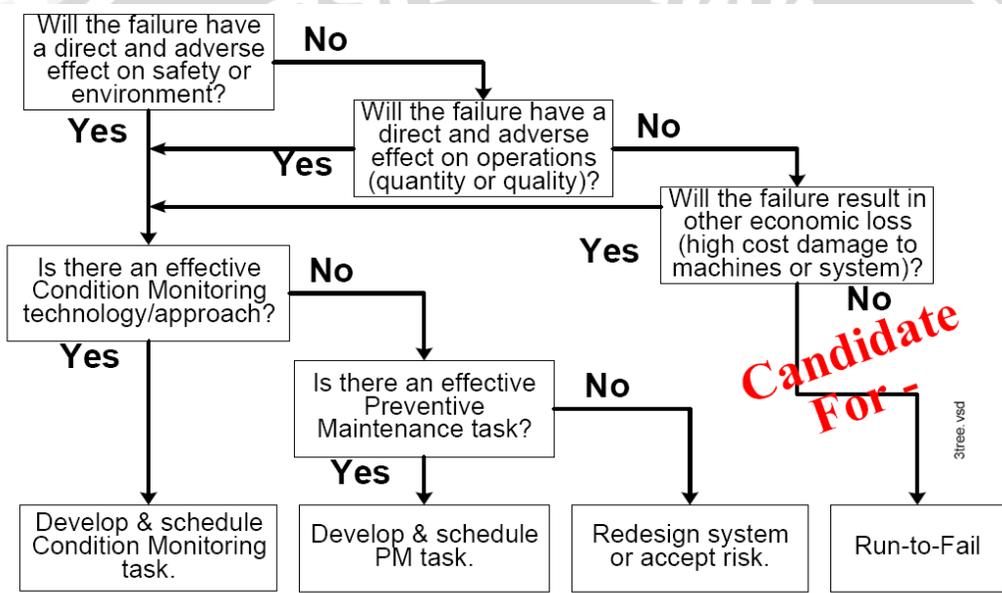
- Konsekuensi kegagalan non operasional, maka *proactive tasks* yang dilakukan hanya bernilai apabila biaya yang dikeluarkan untuk melakukan *proactive tasks* selama periode tertentu lebih sedikit daripada biaya perbaikan yang harus dilakukan selama periode yang sama. Dengan kata lain, aspek finansial kembali menjadi pembenaran atas *proactive tasks* yang akan dilakukan. Dan apabila tidak dibenarkan, maka kembali dilakukan *no scheduled maintenance*. Namun apabila biaya perbaikan yang harus dikeluarkan ternyata terlalu tinggi, maka langkah default actions yang harus dilakukan adalah dengan cara kembali melakukan *redesign*.

Pendekatan ini memiliki keunggulan bahwa kebijakan *proactive tasks* yang diambil sangat spesifik dan hanya dilakukan untuk kegagalan yang benar-benar membutuhkan *proactive tasks* tersebut. Peranan ini akan sangat berpengaruh untuk mengurangi beban kerja pemeliharaan rutin secara keseluruhan. Lebih sedikitnya beban kerja pemeliharaan juga akan membuat beban kerja pemeliharaan yang ada dimungkinkan untuk dikerjakan secara lebih tepat. Kedua hal ini akan mengurangi beban kerja pemeliharaan yang tidak produktif dan membangun sistem pemeliharaan yang sangat efektif.

Pendekatan RCM apabila dibandingkan dengan pendekatan tradisional untuk mengembangkan kebijakan pemeliharaan. Pendekatan secara tradisional, kebutuhan pemeliharaan setiap asset diperkirakan melalui cara pandang terhadap karakteristik teknis asset tersebut baik secara nyata maupun sesuatu yang hanya diasumsikan dan tanpa mempertimbangkan akibat konsekuensi dari kegagalan. Jadwal pemeliharaan yang dihasilkan digunakan untuk semua asset yang sejenis, sekali lagi tanpa memperhatikan konsekuensi kegagalan dan keadaan operasi yang berbeda-beda penerapannya pada setiap asset. Keadaan operasi menjadi hal yang sangat penting harus diperhatikan dan berpengaruh secara signifikan terhadap berbagai kegagalan yang mendominasi sistem, karena misalnya pembangkit listrik yang beroperasi di daerah pantai dengan iklim tropis pasti akan sangat berbeda dengan pembangkit listrik yang beroperasi di daerah padang pasir yang kering. Dimana pembangkit listrik yang beroperasi di daerah padang pasir yang kering akan lebih berkurang terjadinya kemungkinan kegagalan akibat korosi daripada pembangkit listrik yang beroperasi di daerah pantai dengan iklim tropis. Oleh karena itu, jadwal pemeliharaan yang dihasilkan melalui pendekatan tradisional menjadi sangat besar besar dan tidak efektif. Tidak efektifnya jadwal pemeliharaan tersebut bukan disebabkan karena hal tersebut tidak

benar apabila dilihat dari sudut pandang teknis dari asset, namun karena banyak hal yang tidak dapat mencapai apapun.

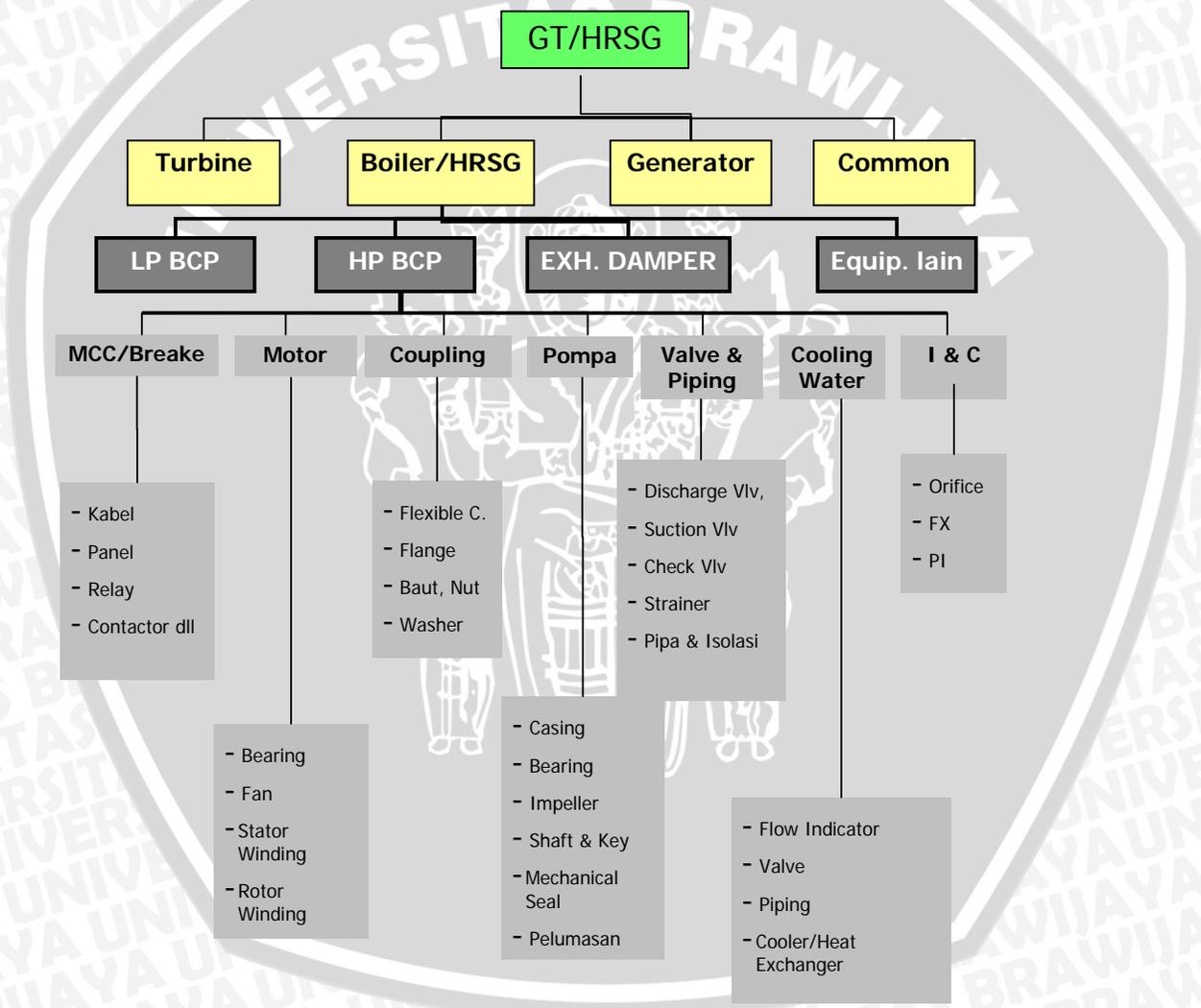
Proses RCM juga mempertimbangkan kebutuhan pemeliharaan dari masing-masing asset sebelum menanyakan apakah diperlukan untuk mendesain ulang asset. Hal ini menjadi sangat sederhana, karena bagian pemeliharaan yang bertugas "hari ini" akan menjaga asset agar tetap eksis pada "hari ini" dan tidak melakukan apa yang harusnya ada disana atau apa yang mungkin akan terjadi terhadap asset di masa yang akan datang. Pada gambar 2.4. di bawah ini, merupakan logika pemilihan tindakan terhadap kegagalan yang dilakukan dengan menggunakan metode RCM.



Gambar 2.4. Logika pemilihan tindakan terhadap kegagalan metode RCM  
 Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

### 2.2.3. Penerapan Proses RCM

Untuk melakukan analisis kebutuhan pemeliharaan dari asset sebuah perusahaan, maka dibutuhkan beberapa tahapan proses. Namun sebelum memasuki tahapan tersebut, harus diketahui dengan baik mengenai pengertian dari asset dan memutuskan asset mana yang akan dijadikan sebagai subjek dari proses RCM. Hal ini berarti bahwa dibutuhkan daftar asset yang terperinci dari sistem produksi perusahaan tersebut. Saat ini, mayoritas industri telah memiliki daftar terperinci dari asset sehingga mencukupi untuk melakukan proses RCM. Gambar 2.5. merupakan contoh bagian dari daftar asset Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).



Gambar 2.5. Daftar Asset Sistem Produksi di PLTGU  
 Sumber : PT PJB UP Gresik

### **Perencanaan**

Apabila proses RCM diterapkan dengan benar, maka RCM akan membawa perubahan yang sangat luar biasa terhadap efektivitas pemeliharaan dari perusahaan dan sering kali dengan hasilnya diperoleh dalam waktu yang cepat. Meskipun kesuksesan penerapan RCM tergantung dari persiapan dan perencanaan yang sangat cermat. Hal-hal kunci dari proses perencanaan RCM meliputi:

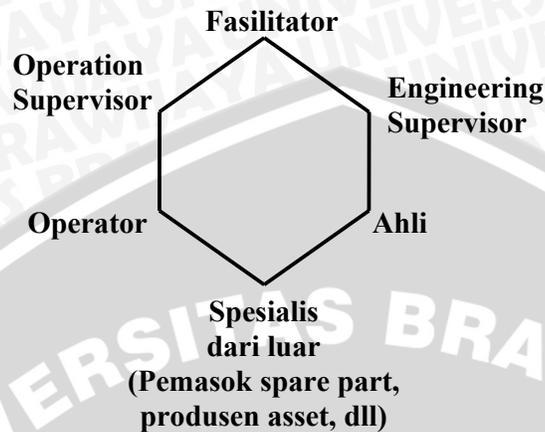
- Memutuskan asset mana yang layak dan memungkinkan dapat memberikan keuntungan apabila dilakukan proses RCM. Dan apabila ditemukan, maka uraikan secara jelas bagaimana RCM akan memberikan keuntungan.
- Menilai sumber daya yang dibutuhkan untuk penerapan proses RCM terhadap asset yang terpilih.
- Dalam kasus dimana penerapan RCM menggunakan alasan dari sisi keamanan investasi, maka harus diputuskan secara detail mengenai siapa saja yang harus menjalankan proses RCM dan siapa yang mengaudit dari analisis yang dihasilkan, kapan dan dimana proses RCM tersebut diterapkan, dan juga menyusun pelatihan yang tepat bagi pelaksana proses RCM.
- Memastikan bahwa keadaan operasi dari asset sudah difahami dengan jelas.

### **Grup RCM**

Setelah sebelumnya diuraikan mengenai bagaimana proses RCM dapat mewujudkan tujuh pertanyaan mendasar. Dalam prakteknya, bagian pemeliharaan tidak dapat menjawab seluruh pertanyaan pada saat melaksanakan proses RCM tersebut oleh mereka sendiri. Hal ini disebabkan karena untuk memperoleh jawaban tersebut haruslah didukung oleh bagian produksi ataupun bagian operasi. Secara lebih spesifik, dukungan dari bagian lain diperlukan untuk pertanyaan-pertanyaan seputar fungsi asset, standar performa yang diinginkan, pengaruh kegagalan dan konsekuensi kegagalan.

Untuk alasan tersebut, sebuah penelusuran dari kebutuhan pemeliharaan berbagai asset harus dilakukan oleh tim kecil yang terdiri dari paling sedikit satu orang dari bagian pemeliharaan dan satu orang dari bagian operasi. Senioritas dari anggota tim hanya sedikit pengaruhnya daripada kemampuan yang dimiliki anggota tim terhadap pengetahuan dari berbagai asset yang beroperasi.

Masing-masing anggota tim haruslah telah dilatih untuk bekerja menggunakan proses RCM. Susunan sebuah Grup RCM ditunjukkan dalam gambar 2.6. di bawah ini:



Gambar 2.6. Grup RCM

Sumber : John Moubray, Reliability Centered Maintenance, Bittenworth Heinemann, 1997

Penggunaan grup ini tidak hanya memungkinkan manajemen untuk mendapat akses terhadap pengetahuan dan keahlian dari masing-masing anggota grup dalam sebuah sistematika yang teratur. Namun, anggota grup juga memungkinkan untuk mempertinggi keahlian dan pemahaman yang telah dimilikinya terhadap asset pada keadaan operasinya.

### ***Fasilitator***

Grup RCM bekerja di bawah pimpinan yang telah menjadi spesialis dalam RCM, dikenal sebagai fasilitator. Fasilitator merupakan orang yang paling penting dalam proses RCM. Peran fasilitator adalah untuk menjamin bahwa:

- Membawa analisis RCM tetap pada level yang benar, batasan sistem telah didefinisikan dengan jelas, serta tidak ada asset yang pengaruhnya tidak terlalu penting agar tidak mendapat perhatian berlebihan, dan juga hasil analisis telah didokumentasikan dengan sebaik-baiknya.
- RCM telah difahami dengan baik dan diaplikasikan oleh setiap anggota grup RCM.
- Grup RCM telah mencapai konsensus dengan cara cepat dan tertib, hal itu harus ditopang dengan antusiasme tinggi dan komitmen yang besar dari anggota.
- Kemajuan dari analisis dapat diperoleh dengan cepat dan selesai tepat waktu.

Fasilitator juga bekerja dengan proyek manajer RCM ataupun pihak manajemen untuk menjamin bahwa masing-masing analisis telah direncanakan dengan sebaik-baiknya dan mendapat dukungan logistik serta manajerial yang tepat.

### ***Hasil analisis RCM***

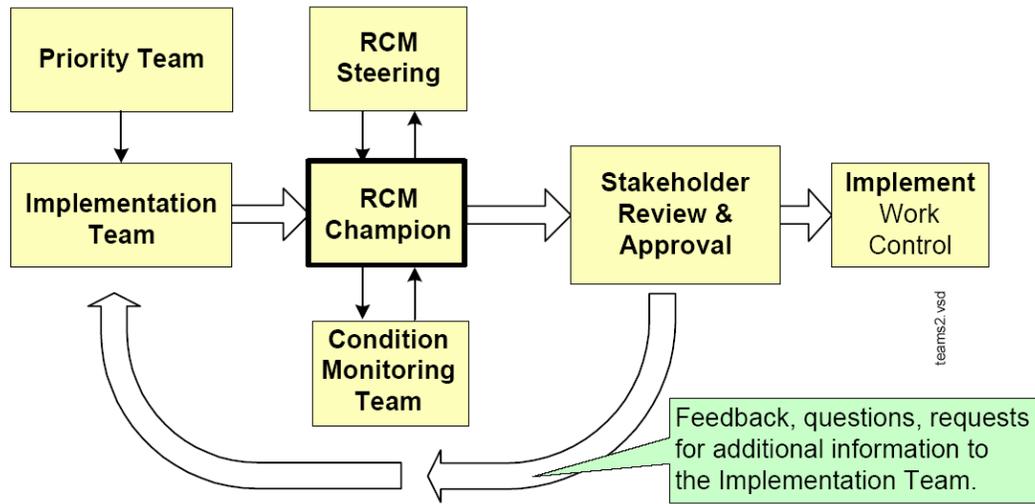
Apabila diaplikasikan dengan cara seperti yang telah dijelaskan, maka analisis RCM akan menghasilkan *output* berupa :

- Jadwal pemeliharaan sebagai beban kerja untuk dilakukan oleh bagian pemeliharaan
- Merevisi prosedur operasi yang biasanya dilakukan oleh operator pengguna asset
- Daftar dari area yang harus dibuat perubahan desain dari asset, atau dengan merubah cara operasi untuk menghadapi situasi dimana asset tidak dapat menghasilkan standar performa dalam susunan yang ada seperti sekarang.

### ***Audit dan implementasi RCM***

Segera setelah penelusuran dengan menggunakan proses RCM diselesaikan untuk masing-masing asset, maka manajer senior yang bertanggung jawab penuh terhadap kinerja perusahaan harus dipuaskan oleh hasil keputusan yang dibuat oleh grup RCM secara bijaksana dan dapat diaplikasikan dengan baik di perusahaannya.

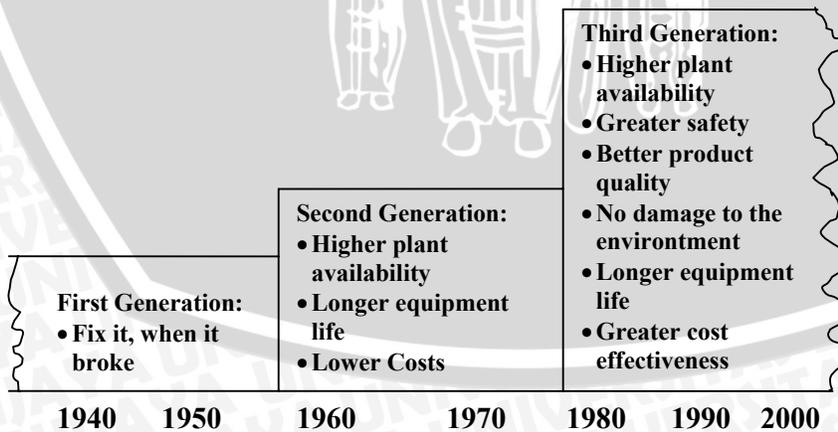
Setelah hasil penelusuran grup RCM tersebut disetujui, maka rekomendasi grup RCM harus diimplementasikan dengan cara menggabungkan jadwal pemeliharaan yang dihasilkan kedalam rencana pemeliharaan dan sistem kontrol. Sistem kontrol tersebut dapat dijangkau oleh hasil penelusuran grup RCM dengan cara menggabungkan setiap perubahan prosedur operasi yang dihasilkan kedalam *Standard Operating Procedures* (SOP) perusahaan. Dan juga dengan memberikan rekomendasi untuk setiap perubahan desain kepada bagian yang bertanggung jawab terhadap hal tersebut. Pada gambar 2.7. di bawah ini, menunjukkan alur dari implementasi RCM.



Gambar 2.7. Struktur implementasi RCM  
 Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

**2.2.4. Manfaat Penggunaan RCM**

Manfaat merupakan sesuatu yang hanya dapat dilihat dari hasil suatu proses. Secara lebih spesifik, suatu metode sistem pemeliharaan dipergunakan baik itu RCM, TPM, ataupun metode pemeliharaan yang lain maka haruslah memenuhi keinginan pengguna terhadap metode pemeliharaan tersebut. Setiap saat, keinginan dunia industri terhadap fungsi pemeliharaan terus tumbuh. Gambar 2.8. dibawah ini menunjukkan keinginan dunia industri terhadap fungsi pemeliharaan yang semakin bertambah.



Gambar 2.8. Pertumbuhan harapan dunia industri terhadap fungsi pemeliharaan  
 Sumber : Campbell, Maintenance Excellence, Marcell Decker, 2001

Manfaat penggunaan RCM dan bagaimana RCM dapat mewujudkan keinginan dunia industri, hal ini dapat diuraikan sebagai berikut:

▪ **Meningkatnya jaminan perusahaan terhadap resiko keamanan dan lingkungan secara maksimal**

RCM mempertimbangkan dampak dari setiap kegagalan terhadap keamanan dan lingkungan sebelum pertimbangan dampak kegagalan tersebut terhadap operasi. Hal ini berarti bahwa setiap langkah awal yang diambil adalah untuk meminimalisasi dampak resiko terhadap keamanan dan lingkungan, apabila tidak dapat menghilangkan seluruh dampak tersebut yang disebabkan oleh kegagalan asset. RCM mengintegrasikan keamanan kedalam *mainstream* pembuatan keputusan pemeliharaan, RCM juga memperbaiki sikap dan perhatian perusahaan terhadap faktor keamanan dan lingkungan.

▪ **Memperbaiki performa operasi (output, kualitas produk dan *customer service*)**

RCM menyediakan aturan untuk memutuskan kebijakan pemeliharaan yang paling tepat dalam segala kondisi. Oleh karena itu, RCM akan dapat menjamin bahwa hanya bentuk pemeliharaan paling efektif yang dipilih untuk masing-masing asset, dan juga tindakan yang tepat diberikan ketika pemeliharaan tidak dapat mencegah kegagalan tersebut. Hal ini akan sangat berguna ketika upaya pemeliharaan hanya terfokus pada upaya pemeliharaan yang mampu meningkatkan performa asset-asset perusahaan yang ada.

RCM telah dikembangkan untuk membantu perusahaan penerbangan menyusun program pemeliharaan pesawat terbang tipe terbaru sebelum memasukannya ke perusahaan *service*. Hasilnya, ternyata RCM merupakan cara ideal untuk untuk mengembangkan program serupa pada kondisi *no historical information* dari asset. Terbukti dengan berhasil melakukan penghematan atas biaya pemeliharaan, dibandingkan dengan cara *trial and error* yang dilakukan oleh metode pemeliharaan lainnya.

▪ **Peningkatan efektifitas biaya pemeliharaan**

RCM secara kontinyu memberikan fokus perhatian pada kepada kegiatan pemeliharaan yang paling berpengaruh terhadap sistem produksi dari perusahaan. RCM akan dapat memastikan bahwa segala sesuatu yang dikeluarkan untuk pemeliharaan akan dapat memberikan hasil yang terbaik. Apabila RCM diaplikasikan secara benar terhadap sistem pemeliharaan yang telah ada, hal itu akan

mengurangi jumlah pekerjaan rutin (tugas pemeliharaan yang dilakukan secara rutin) yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk masing-masing periode.

- **Umur pemakaian yang lebih panjang dari asset-asset penting dan mahal**

Hal ini disebabkan karena RCM menggunakan fokus penekanan pada penggunaan teknik *on-condition maintenance*.

- **Database komprehensif**

Pengembangan sistem pemeliharaan dengan menggunakan proses RCM akan menghasilkan catatan yang komprehensif dan didokumentasikan secara penuh untuk kebutuhan pemeliharaan semua asset penting dari perusahaan. Hal tersebut akan membuat perusahaan mampu beradaptasi terhadap perubahan keadaan (seperti pergantian shift kerja, ataupun pengembangan teknologi baru) tanpa harus mempertimbangkan kembali seluruh kebijakan pemeliharaan dari awal. Catatan tersebut disusun dengan dasar yang rasional, sehingga akan mengurangi pengaruh dari pergantian staff /karyawan. Biasanya pergantian staff/karyawan akan berpengaruh terhadap hilangnya pengalaman dan keahlian dari staff tersebut yang dapat menyebabkan kinerja perusahaan tersebut terganggu. Data kebutuhan pemeliharaan yang dihasilkan RCM tersebut meliputi keahlian yang dibutuhkan untuk memelihara masing-masing asset, dan juga untuk memutuskan *spare part* mana yang seharusnya disimpan kedalam inventori sehingga terjadinya perbaikan jadwal dan manual pemeliharaan.

- **Peningkatan motivasi karyawan**

RCM akan memberikan perubahan terhadap pemahaman secara umum terhadap asset dan keadaan operasinya. Hal tersebut akan berbanding lurus dengan semakin besarnya "kepemilikan" karyawan terhadap masalah pemeliharaan dan solusinya. Sehingga, solusi yang dihasilkan akan lebih mudah untuk diaplikasikan.

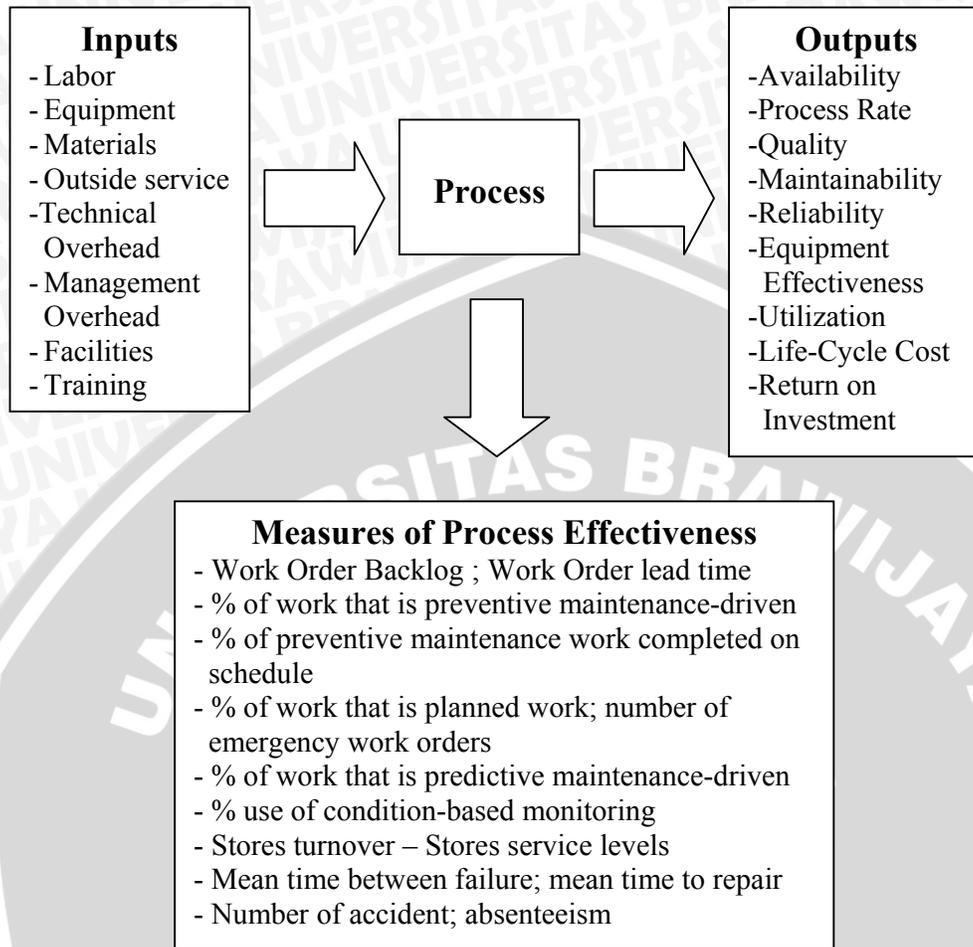
- **Peningkatan kerjasama**

RCM secara umum merupakan bahasa teknik pemeliharaan yang sangat mudah dimengerti oleh setiap orang yang peduli terhadap masalah pemeliharaan. Hal ini akan membuat orang-orang di bagian pemeliharaan dan bagian operasi saling pengertian yang lebih baik terhadap apa saja yang dapat (dan tidak dapat) dicapai oleh pemeliharaan dan apa yang harus dilakukan untuk mencapai itu.

### 2.3. Kebutuhan Pengukuran Efektifitas Pemeliharaan

Kinerja manajemen merupakan satu dari beberapa kebutuhan dasar dari sebuah operasi yang efektif. Perlu adanya perbaikan-perbaikan secara terus menerus. Begitupun juga dengan pemeliharaan, membutuhkan pengukuran yang penting didalam *maintenance continues improvement* dan dalam mengidentifikasi serta memecahkan kembali prioritas masalah pemeliharaan yang terjadi.

Dalam melakukan pengukuran pemeliharaan secara efektif, diperlukan data yang konsisten dan reliable, analisis berkualitas tinggi, penerimaan informasi secara jelas dan benar, dan lingkungan kerja yang mau menerima. Hal ini diperlukan karena sangat penting hasil pemeliharaan harus mencerminkan tujuan bisnis perusahaan. Menurut Jardine (2001) menyatakan bahwa: "*Maintenance is a business process turning inputs into useable outputs*". Gambar 2.9. menunjukkan tiga elemen utama untuk memenuhi pernyataan tersebut, yaitu input pemeliharaan, output pemeliharaan dan proses pemeliharaan. Banyak dari input pemeliharaan merupakan hal-hal yang sangat dikenal di bagian pemeliharaan dan telah siap untuk diukur, meliputi biaya pekerja, material, peralatan, dan kontraktor. Namun ada beberapa input yang sulit untuk diukur, meliputi pengalaman, teknik, *teamwork*, dan keahlian pekerja. Output biasanya lebih mudah untuk diukur, begitupun juga dengan proses pemeliharaan.



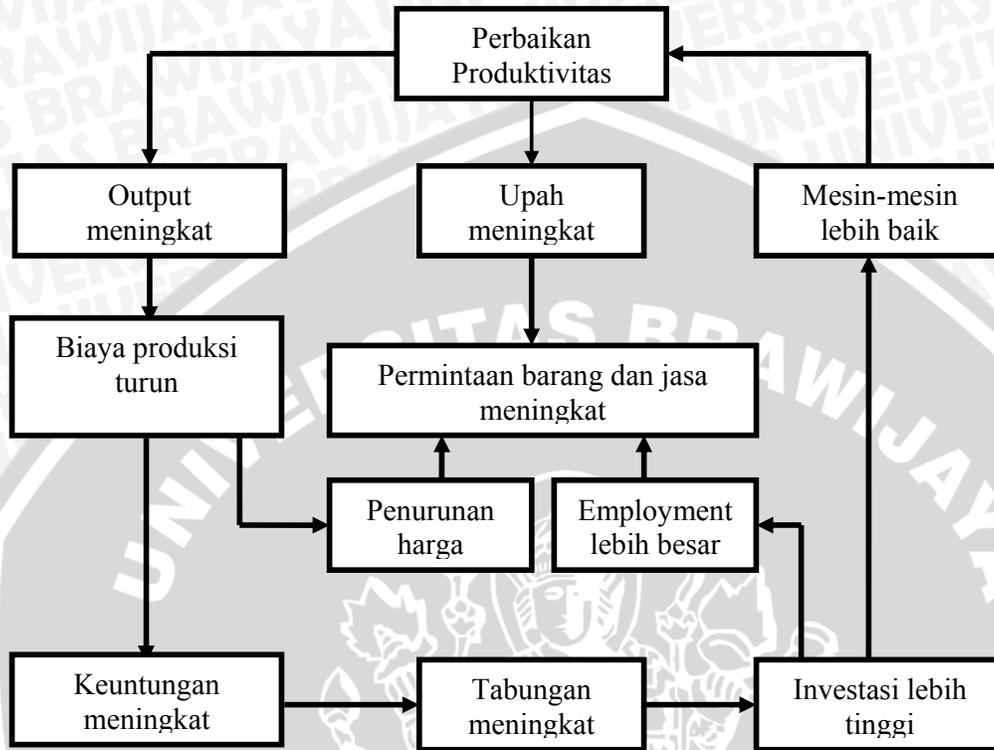
Gambar 2.9. Pemeliharaan sebagai proses bisnis  
 Sumber : Campbell, Maintenance Excellence, Marcell Decker, 2001

## 2.4. Pemahaman Variabel Penelitian

### 2.4.1. Produktivitas (Productivity)

Menurut Hansen dan Mowen (1997:944) pengertian produktivitas adalah: *“Productivity is concerned with producing output efficiently and specifically addresses the relationship of output and the inputs use to produce the output”*. European Productivity Agency (EPA) mendefinisikan produktivitas sebagai berikut: *“Productivity is an attitude of mind, it is the mentality of the progress of the constant improvement of that which exist, it is the certainty of being able to do better today than yesterday and continuously. It is the constant adaption of economic and social life to changing conditions. It is the continual effort to apply new techniques and methods. It is the forth in human progress”*.

Gambar 2.10. berikut ini menunjukkan pengaruh yang ditimbulkan akibat perbaikan produktivitas.



Gambar 2.10. Rantai Reaksi Peningkatan Produktivitas  
(Sumber : Ir. Masduki,MM., Pengantar Teknik Industri, 2005)

Jadi produktivitas memfokuskan pada bagaimana memproduksi keluaran secara efisien atau seberapa jauh proses menghasilkan keluaran dan mengkonsumsi masukan tertentu. Semakin kecil jumlah masukan yang digunakan untuk menghasilkan dalam suatu tingkat keluaran tertentu maka perusahaan tersebut semakin produktif. Hal tersebut juga dikatakan oleh Horngren dan Sundem (1993:313), yaitu: *“Productivity is a measure of output divided by input. The fewer input needed to produce a give output, the more productive the organization”*.

#### 2.4.2. Kualitas (Quality)

Kualitas didefinisikan oleh Hansen dan Mowen (1997 : 896) sebagai berikut: *“Quality is degree of excellence, in this sense, quality is a relative measure of goodness. But how does this tranlet into day to day business realities? The ultimate judge of quality is the customer. Therefore, a quality product or service is one that meets or*

*exceeds customer expectation*". Jadi kualitas adalah suatu derajat atau tingkat kesempurnaan, dalam pengertian sebagai ukuran  $\square$  elative tentang baik atau buruk. Dalam pengertian bisnis sehari-hari, kualitas produk atau jasa adalah apabila suatu produk memenuhi keinginan konsumen.

Kualitas juga didefinisikan oleh Anthony, Dearden dan Govindarajan (1992) sebagai "*zero defects*" dan "*doing it right the first time*", atau kerusakan dalam jumlah nol dan melakukan segala sesuatu secara benar pada saat pertama. Hal tersebut didasarkan pada penghematan biaya. Suatu kerusakan yang diketahui lebih awal akan mengakibatkan biaya yang dikeluarkan lebih sedikit.

Menurut Hansen dan Mowen (1997) kualitas produk mencakup dua hal, yaitu kualitas desain (*quality of design*) dan kualitas kesesuaian (*quality of conformance*).

Kualitas desain menyangkut tentang spesifikasi produk atau nilai yang melekat pada konsumen tentang suatu produk. Kualitas desain yang tinggi dinilai dari tingginya biaya produksi dan tingginya harga jual. Sedangkan kualitas kesesuaian merupakan ukuran tentang bagaimana suatu produk dapat memenuhi spesifikasinya. Jika suatu produk dapat memenuhi spesifikasi desain maka produk siap digunakan.

Dua aspek utama dari kualitas juga dikatakan oleh Fandy Tjiptona dan Anastasia Diana (1996), yaitu :

- Ciri-ciri produk yang memenuhi permintaan pelanggan

Kualitas yang lebih tinggi memungkinkan perusahaan meningkatkan kepuasan pelanggan, membuat produk laku terjual, dapat bersaing dengan pesaing, meningkatkan pangsa pasar dan volume penjualan, serta dapat dijual dengan harga yang tinggi.

- Bebas dari kekurangan

Kualitas yang tinggi menyebabkan perusahaan dapat mengurangi tingkat kesalahan, pengerjaan kembali dan pemborosan, pembayaran biaya garasi, ketidakpuasan pelanggan, inspeksi dan pengujian, waktu pengiriman ke pasar, meningkatkan hasil (*yield*) & kapasitas dan memperbaiki kinerja penyampaian produk atau jasa.

Untuk ukuran nonfinansial, standar kualitas yang tepat untuk manajemen operasional menurut Hansen dan Mowen (1997) adalah ukuran-ukuran fisik seperti jumlah produk rusak per unit, prosentase kesalahan eksternal, kesalahan dalam pengiriman tagihan, kesalahan dalam kontrak dan ukuran-ukuran fisik lain akan lebih berguna. Secara fisik standar kualitas adalah *zero defect* yang bertujuan agar setiap orang melakukan yang benar pada saat pertama. *Zero defect* menurut Hansen dan

Mowen (1997 : 898) adalah: *“The zero defects approach emphasizes conforming to specification. Upper and lower limits are set for product variation, and any unit that falls within those limits is deemed acceptable”*. Jadi pendekatan *zero defect* bukan berarti tidak melakukan kesalahan sama sekali dalam proses produksi. Suatu kesalahan kecil yang masih dalam batas toleransi kesalahan masih dipertimbangkan bukan merupakan suatu kesalahan.

**2.5. Metode Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance**

**2.5.1. Kinerja Pemeliharaan RCM (Overall Maintenance Results)**

Indikator ini menunjukkan bahwa pemeliharaan yang dilakukan menjamin terjaganya produktivitas asset dan menghasilkan produk berkualitas. Hal ini terdiri dari beberapa pengukuran:

1. Availability

Availability merupakan persentase dari waktu yang tersedia dari asset untuk berproduksi, setelah dikurangi seluruh waktu downtime dari asset baik terjadwal maupun downtime yang tidak terjadwal.

$$Availability = \frac{Total\ Time - Downtime}{Total\ Time} \dots\dots\dots 2.1.$$

Waktu tunggu yang disebabkan kekurangan permintaan produk tidak mengurangi dari total waktu yang tersedia. Oleh karena itu, asset dianggap "tersedia" meskipun tidak ada produksi yang diminta.

2. Mean Time to Failure

Mean Time to Failure merupakan jumlah waktu yang diharapkan untuk beroperasi sebelum asset tersebut tidak berfungsi lagi.

$$Mean\ Time\ to\ Failure = \frac{Total\ Time - Downtime - Nonutilized\ time}{Number\ of\ Breakdowns} \dots\dots\dots 2.2.$$

3. Failure frequency ataupun breakdown frequency

Breakdown frequency merupakan pengukuran probabilitas seberapa sering asset tersebut diharapkan gagal.

$$Breakdown\ frequency = \frac{Number\ of\ breakdowns}{Totaltime - Downtime - Nonutilized\ time} \dots\dots 2.3$$

4. Mean Time to Repair

Mean Time to Repair merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki masalah dan asset tersebut kembali beroperasi. Waktu ini meliputi waktu untuk mendiagnosa kegagalan, waktu perbaikan, waktu menunggu (spare part atau

peralatan), waktu yang dibutuhkan untuk test dan waktu ini menunjukkan seberapa baik perusahaan merespon dari setiap masalah.

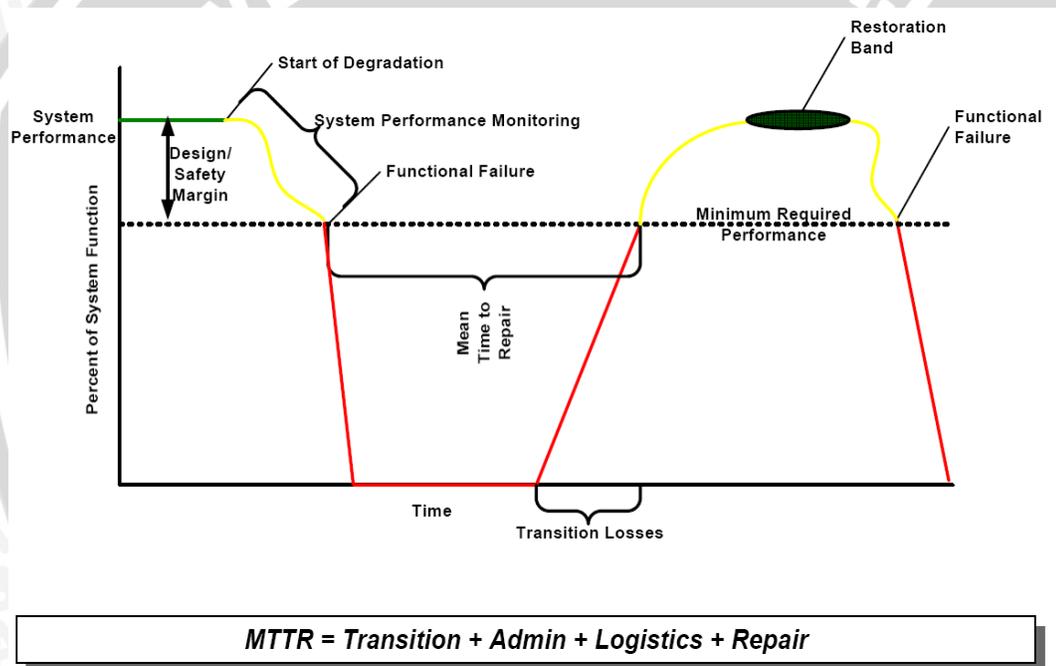
$$\text{Mean Time to repair} = \frac{\text{Unscheduled downtime}}{\text{Number of Breakdowns}} \dots\dots\dots 2.4$$

5. Production Rate Index

Production Rate Index merupakan dampak pemeliharaan terhadap efektivitas asset.

$$\text{Production Rate Index} = \frac{\text{Production rate (Units/hour)}}{\text{Total Time - Downtime - Nonutilized time}} \dots\dots\dots 2.5.$$

Untuk menjelaskan alasan dari pengukuran Overall Maintenance Results tersebut, adalah karena salah satu misi dari RCM adalah untuk menjaga Availability (ketersediaan) asset selama mungkin untuk senantiasa beroperasi sesuai dengan fungsinya. Hal ini akan dijelaskan dalam gambar 2.11. berikut ini:



Gambar 2.11. Misi RCM "Maintaining Availability"  
 Sumber : Reliability Centered Maintenance Overview: Alan Pride, Smithsonian Institution, 2005

**2.5.2. Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas**

**2.5.2.1. Structural Equation Modeling (SEM).**

Model Persamaan Struktural atau *Structural Equation Model (SEM)* adalah sekumpulan teknik-teknik statistikal yang memungkinkan pengujian sebuah rangkaian hubungan yang relatif "rumit", secara simultan. (Ferdinand, 2000:3)

Hubungan yang rumit itu dapat dibangun antara satu atau beberapa variabel dependen dengan satu atau beberapa variabel independen. Masing-masing variabel dependen dan independen dapat berbentuk faktor (atau konstruk yang dibangun dari beberapa variabel indikator). Dimana variabel tersebut dapat berbentuk sebuah variabel tunggal yang observasi atau yang diukur langsung dalam sebuah proses penelitian.

Pemodelan penelitian melalui SEM merupakan pemodelan untuk :

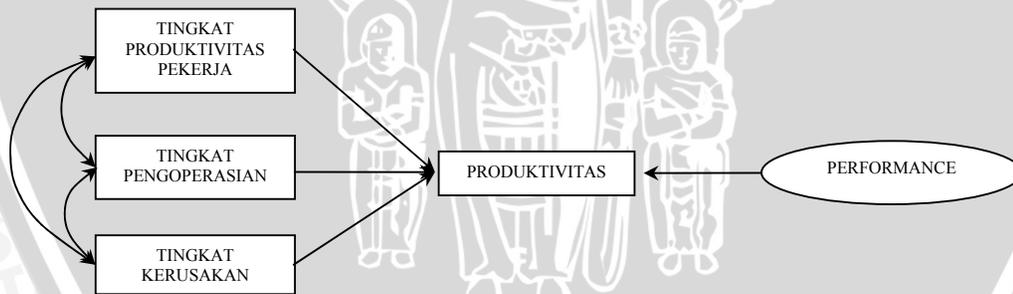
1. Penelitian yang bersifat regresif maupun dimensional (yaitu mengukur apa dimensi-dimensi dari sebuah konsep).
2. Identifikasi dimensi-dimensi sebuah konsep atau konstruk (seperti yang lazim dilakukan dalam analisis faktor).
3. Mengukur pengaruh atau derajat hubungan faktor yang telah diidentifikasi dimensi-dimensinya.

Itulah sebabnya SEM merupakan kombinasi antara analisis faktor dan analisis regresi berganda.

### 1. Model Regresi Berganda

Metode Regresi Berganda dimaksudkan untuk melihat apakah ada hubungan atau tidak antara dua variabel atau lebih.

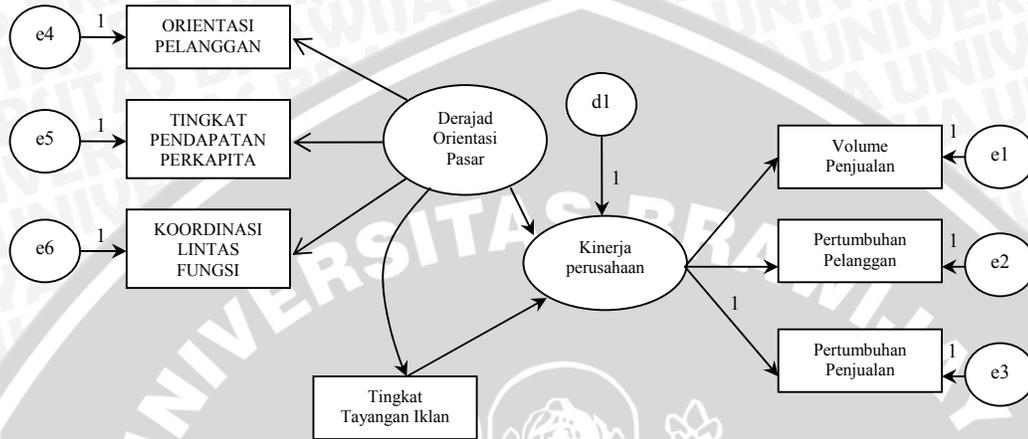
Hubungan antara variabel bebas yang berpengaruh terhadap variabel terikat. Sebagai contoh misalnya ditunjukkan pada gambar 2.12 di bawah ini :



Gambar 2.12. Path Diagram untuk Regresi Berganda  
Sumber : Ferdinand 2000 : 4

2. Model Struktural

Seorang peneliti mungkin saja berminat untuk mengembangkan dan menguji model yang lebih rumit itu misalnya seperti yang dilihat dalam dunia manajemen perusahaan sehari-hari. Model yang rumit tersebut misalnya seperti yang disajikan dalam gambar 2.13 di bawah ini:



Gambar 2.13. Contoh Path Diagram dari Model Struktural  
Sumber : Ferdinand 2000 : 5

2.5.2.2. Konvensi SEM

Beberapa konvensi yang berlaku dalam diagram SEM adalah sebagai berikut:

- **Variabel terukur (Measured Variabel):** Variabel ini disebut juga *observed variables*, *indicator variables* atau *manifest variabel*, digambarkan dalam bentuk segi empat atau bujur sangkar.



- **Faktor:** Faktor adalah sebuah variabel bentukan (*latent variables*), yang dibentuk melalui indikator-indikator yang diamati dalam dunia nyata. digambarkan dalam bentuk diagram lingkaran atau oval atau elips.



- **Hubungan antar variabel:** hubungan antar variabel dinyatakan dalam garis. Karena itu bila tidak ada garis berarti tidak ada hubungan langsung yang dihipotesakan. Bentuk-bentuk hubungan antar variabel dijelaskan sebagai berikut:

1. Garis dengan anak panah satu arah ( $\rightarrow$ ): Garis ini menunjukkan adanya hubungan yang dihipotesakan antara dua variabel, dimana variabel yang dituju oleh anak panah merupakan variabel dependen.
2. Garis dengan anak panah 2 arah ( $\leftrightarrow$ ): menunjukkan hubungan yang yang tidak dianalisis. Anak panah dua arah ini dalam pemodelan SEM digunakan untuk menggambarkan kovarians atau korelasi antara dua buah variabel.

### 2.5.2.3. Langkah-langkah Pemodelan SEM

Sebuah pemodelan SEM yang lengkap pada dasarnya terdiri dari model pengukuran dan model struktural. Model pengukuran ditunjukan untuk mengkonfirmasi dimensi-dimensi yang dikembangkan pada sebuah faktor. Model struktural adalah model mengenai struktur hubungan yang membentuk atau menjelaskan kausalitas antar faktor. Untuk membuat pemodelan yang lengkap ada beberapa langkah yang perlu dilakukan:

1. Pengembangan model berbasis teori
2. Pengembangan diagram alur untuk menunjukkan hubungan kausalitas.
3. Konversi diagram alur kedalam serangkaian persamaan struktural dan spesifikasi model pengukuran.
4. Pemilihan matrik input dan teknik estimasi atas model yang dibangun.
5. Menilai problem identifikasi.
6. Evaluasi model.
7. Interpretasi dan modifikasi model.

### 2.5.3. Pengujian Validitas Model SEM

#### 2.5.3.1. Indek Kesesuaian & Cut-off value

Dalam analisis SEM tidak ada alat uji statistik tunggal untuk mengukur atau menguji hipotesis mengenai model (Hair et Al., 1995; Jorescop & Sorbom, 1989; Long, 1983; Tabachnick & Fidel, 1996). Pengujian menggunakan beberapa *fit* indeks untuk mengukur “kebenaran” model yang diajukan. Berikut disajikan beberapa indeks kesesuaian dan *cut-off value*nya untuk digunakan dalam menguji apakah sebuah model dapat diterima atau ditolak.

**1. Statistik  $\chi^2$ -Chi-square**

Chi-square bersifat sangat sensitif terhadap besarnya sampel yang digunakan yaitu besar sampel yang sangat kecil (<50) dan besar sampel yang terlalu besar (>500). Karena itu bila jumlah sampel adalah cukup besar misalnya lebih dari 200 sampel, maka statistik chi-square ini harus didampingi oleh alat uji lainnya (Hair et al.,1995; Tabachnick & Fidell, 1996). Penggunaan chi square hanya sesuai bila ukuran sampel adalah 100 dan 200 sampel. Model yang diuji akan dipandang baik atau memuaskan bila nilai chi-squarenya rendah. Semakin kecil nilai  $\chi^2$  semakin baik model itu (karena dalam uji beda chi-square,  $\chi^2 = 0$  berarti benar-benar tidak ada perbedaan) dan diterima berdasarkan probabilitas dengan *cut-off value* sebesar  $p > 0.05$  atau  $p > 0.10$  (Hulland et al. 1996).  $\chi^2$  adalah uji statistik mengenai adanya perbedaan, perbedaan antara matrik kovarians, populasi dan matrik kovarians sampel.

**2. RMSEA – The Root Mean Square Error of Application**

RMSEA adalah sebuah indeks yang dapat digunakan untuk mengkompensasi *chi-square* statistik dalam sampel yang besar (Baumgartner & Homburg, 1996). Nilai RMSEA menunjukkan *goodness-of-fit* yang dapat diharapkan bila model diestimasi dalam populasi (Hair at al. 1995). Nilai RMSEA yang lebih kecil atau sama dengan 0.08 merupakan indeks untuk dapat diterimanya model yang menunjukkan sebuah close fit dari model itu berdasarkan degrees of freedom (Browne & Cudeck,1993)

**3. GFI – Goodness of Fit Index**

Indek kesesuaian (*fit index*) ini akan menghitung proporsi terimbang dari varian dalam matrik kovarian sampel yang dijelaskan oleh matrik kovarian populasi yang terestimasi (Bantler, 1983; Tanaka & Huba, 1989). Indek ini dihasilkan melalui rumus sebagai berikut

$$GFI = \frac{tr(\sigma'W\sigma)}{tr(s'Ws)} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana penyebut (*numerator*) adalah jumlah varians terimbang kuadrat dari matrik kovarians model yang diestimasi, sementara pembilang (*denominator*) adalah jumlah varians tertimbang kuadrat dari matrik kovarian sampel. W adalah matrik bobot yang dipilih sesuai dengan metode estimasi yang dipilih. GFI adalah sebuah ukuran non-statistikal yang mempunyai rentang nilai antara 0 (poor fit). Nilai yang tertinggi dalam indek ini menunjukkan sebuah '*better fit*'.

**4. AGFI – Adjusted Goodness-of-Fit Index**

Tanaka & Huba (1989) menyatakan bahwa GFI adalah analog dari  $R^2$  dalam regresi berganda. Fit index ini dapat diadjust terhadap degrees of freedom yang tersedia untuk menguji diterima tidaknya model (Arbuckle,1999). Indeks ini diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$AGFI = 1 - (1 - GFI) \frac{d_b}{d} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana:

$$d_b = \sum_{g=1}^G p^{(g)} = \text{jumlah sampel moments} \dots\dots\dots(2.8)$$

$d = \text{degrees - of - freedom}$

Tingkat penerimaan yang direkomendasikan adalah bila AGFI mempunyai nilai sama dengan atau lebih besar dari 0,90 (Hair et al.,1995; Hulland et al., 1996). Perlu diketahui bahwa baik GFI maupun AGFI adalah kriteria yang memperhitungkan proporsi tertimbang dari varian dalam sebuah matriks kovarian sampel. Nilai sebesar 0,95 dapat diinterpretasikan sebagai tingkatan yang baik (*good overall model fit*) sedangkan besaran nilai antara 0.9-0,95 menunjukkan tingkatan cukup (*adequate fit*) (Hulland et al.,1996).

**5. CMIN/DF- The Minimum Sample Discrepancy Function**

*The minimum sample discrepancy function* ( CMIN ) dibagi dengan *degree of freedom*-nya akan menghasilkan indeks CMIN/DF, yang umumnya dilaporkan oleh para peneliti sebagai salah satu indikator untuk mengukur tingkat *fit*-nya sebuah model. Dalam hal ini CMIN/DF tidak lain adalah statistik chi square,  $\chi^2$  dibagi DFnya sehingga disebut  $\chi^2$  relatif. Nilai  $\chi^2$  relatif kurang dari 2.0 atau bahkan kadang kurang dari 3.0 adalah indikasi dari *acceptable fit* antara model dan data (Arbuckle, 1997).

**6. TLI -Tucker lewir index**

TLI adalah sebuah alternatif inkremental index yang membandingkan sebuah model yang diuji terhadap sebuah *baseline* model (Baumgartner & Homburg, 1996). Nilai yang direkomendasikan sebagai acuan untuk diterimanya sebuah model adalah penerimaan  $\geq 0,95$  (Hair dkk, 1995), dan nilai yang sangat mendekati 1 menunjukkan *a very good fit* (Arbuckle, 1997).

Indeks ini diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$TLI = \frac{\hat{c}_b - \hat{c}}{d_b - d} \dots\dots\dots(2.9)$$

keterangan c adalah diskrepansi dari model yang dievaluasi dan d adalah degree of freedomnya, sementara c<sub>b</sub> dan d<sub>b</sub> adalah diskrepansi dan degree of freedom dari baseline model yang dijadikan pembanding.

**7. CFI - Comparative Fit Index**

Besarnya indeks ini adalah pada rentang nilai sebesar 0-1, dimana semakin mendekati 1, mengindikasikan tingkat fit yang paling tinggi (*a very good fit*)(Arbuckle, 1997). Nilai yang direkomendasikan adalah CFI ≥ 0.95. keunggulan indeks ini adalah bahwa indeks ini besarnya tidak dipengaruhi oleh ukuran sampel karena itu sangat baik untuk mengukur tingkat penerimaan sebuah model(Hulland et al., 1996; Tanaka, 1993)

$$CFI = 1 - \frac{C - d}{C_h - d_b} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

C = diskrepansi dari model yang dievaluasi

d = degrees of freedom

C<sub>h</sub> dan D<sub>b</sub> = diskrepansi dan degrees of freedom dari baseline model

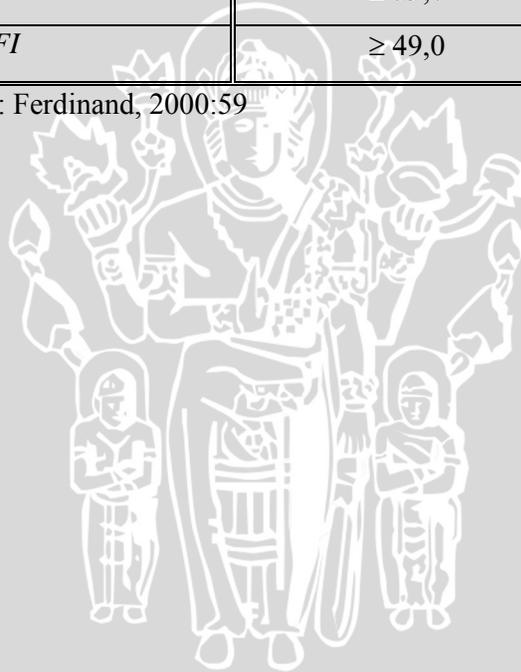
Dalam penilaian model, indeks TLI dan CFI sangat dianjurkan untuk digunakan karena indeks-indeks ini relatif tidak sensitif terhadap besarnya sampel dan kurang dipengaruhi pula oleh kerumitan model(Hulland et al., 1996).

Dengan demikian indeks yang dapat digunakan untuk menguji kelayakan sebuah model adalah seperti yang diringkas dalam tabel 2.2 di bawah ini:

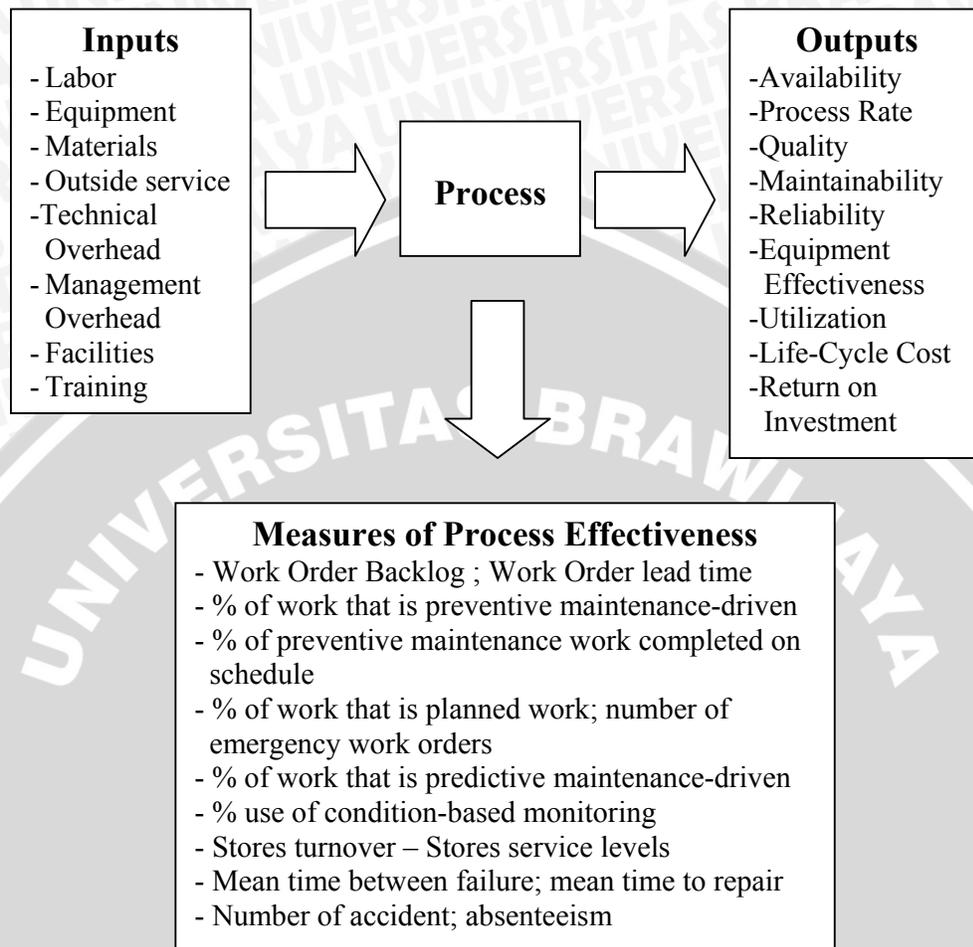
Tabel. 2.2. *Goodness-of-fit-indices*

<i>Goodness of fit index</i>	<i>Cut off value</i>
$\chi^2$ -Chi-Square	Diharapkan kecil
<i>Significand Probability</i>	$\geq 50,0$
<i>RMSEA</i>	$\leq 80,0$
<i>GFI</i>	$\geq 09,0$
<i>AGFI</i>	$\geq 09,0$
<i>CMIN/DF</i>	$\leq 00,2$
<i>TLI</i>	$\geq 59,0$
<i>CFI</i>	$\geq 49,0$

Sumber: Ferdinand, 2000:59



## 2.6. Hipotesis



Gambar 2.14. Pemeliharaan sebagai proses bisnis

Sumber : Campbell, Maintenance Excellence, Marcell Decker, 2001

Dari gambar diatas yang menunjukkan peranan pemeliharaan yang sangat penting bagi eksistensi suatu perusahaan, maka hipotesis dalam penelitian *Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan* yang dilakukan di PT. PJB UP Gresik ini adalah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan pemeliharaan metode Reliability Centered Maintenance berpengaruh terhadap kinerja pemeliharaan.
2. Pelaksanaan pemeliharaan metode Reliability Centered Maintenance berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas produk.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian merupakan suatu rangkaian langkah-langkah yang dilakukan secara terencana dan sistematis guna mendapatkan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan tertentu. Langkah-langkah yang dilakukan itu harus serasi dan saling mendukung satu sama lain agar penelitian yang dilakukan itu mempunyai bobot yang cukup memadai dan memberikan kesimpulan – kesimpulan yang tidak meragukan (Suryadi suryabrata,1998:59-60)

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian asosiatif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel atau lebih (Sugiyo, 2004:11)

#### **3.2. Pengukuran Kinerja Pemeliharaan**

Pengukuran kinerja pemeliharaan ini dilakukan dengan cara melakukan pengambilan data dari pemeliharaan Pembangkit Liatrik Tenaga Gas dan Uap blok 1,2,3, yang meliputi:

- Jadwal pemeliharaan PLTGU dan realisasinya
- Daya terpasang PLTGU dan realisasi produksi yang dihasilkan
- Data kerusakan PLTGU dan perbaikan yang dilakukan

Kemudian data yang diperoleh dari perusahaan tersebut dilakukan pengolahan untuk dimasukkan ke dalam rumus perhitungan Overall Maintenance Results. Dari perhitungan Overall Maintenance Results tersebut, akan didapat hasil pengukuran yang mengindikasikan kondisi kinerja pemeliharaan.

#### **3.3. Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas**

##### **3.3.1 Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel dalam Metode Structural Equation Model (SEM)**

Dalam penelitian ini ditujukan untuk mengetahui efektivitas penerapan RCM (kinerja pemeliharaan) dan hubungannya dengan produktivitas dan kualitas. Oleh karena itu dibutuhkan suatu operasi dan pengukuran variabel-variabel yang ada didalamnya, antara lain:

- Produktivitas ( $X_1$ )

Produktivitas dapat diketahui tingkat tinggi rendahnya dari variabel-variabel independennya, antara lain ditunjukkan pada tabel 3.1. di bawah ini:

Tabel 3.1. Variabel Independen Produktivitas

VARIABEL INDEPENDEN	CARA PENGAMBILAN DATA
Tingkat Produktivitas Pekerja ( $X_{11}$ )	Data historis, Wawancara, Kuisisioner
Tingkat Pengoperasian ( $X_{12}$ )	Data historis
Tingkat Kerusakan ( $X_{13}$ )	Data historis
Tingkat Nilai Tambah Karyawan ( $X_{14}$ )	Wawancara, Kuisisioner

- Kualitas Produk ( $X_2$ )

Kualitas dapat diketahui tingkat tinggi rendahnya dari variabel-variabel independennya, antara lain ditunjukkan pada tabel 3.2. di bawah ini:

Tabel 3.2. Variabel Independen Kualitas Produk

VARIABEL INDEPENDEN	CARA PENGAMBILAN DATA
Tingkat Cacat Proses akibat kerusakan mesin ( $X_{21}$ )	Data historis, Wawancara, Kuisisioner
Tingkat cacat / penurunan kemampuan pembangkit (derating) ( $X_{22}$ )	Data historis, Wawancara, Kuisisioner

- Kinerja Pemeliharaan

Kinerja Pemeliharaan dapat diketahui tingkat tinggi rendahnya dari variabel-variabel independennya, antara lain ditunjukkan pada tabel 3.3. di bawah ini:

Tabel 3.3. Variabel Independen Kinerja Pemeliharaan

VARIABEL INDEPENDEN	CARA PENGAMBILAN DATA
Jumlah Produksi ( $Y_1$ )	Data histories, Wawancara, Kuisisioner
Kualitas Pemeliharaan ( $Y_2$ )	Data historis, Wawancara, Kuisisioner

Pengambilan data-data mengenai variabel independen melalui kuisisioner dan wawancara menggunakan ukuran ordinal, yang dijelaskan oleh Masri Singarimbun dan Sofian Efendi (1989) "Tingkat ukuran ordinal banyak digunakan dalam penelitian sosial terutama untuk mengukur kepentingan, sikap atau persepsi". Melalui pengukuran ini, peneliti dapat membagi responden kedalam urutan rangking atas dasar sikapnya terhadap obyek atau tindakan tertentu.

Dalam penelitian ini tanggapan responden diukur dengan skala Likert yaitu dengan memberikan pilihan jawaban untuk satu pertanyaan. Skor tersebut akan bergeser antara nilai 1 s/d 5. Sistem skor dengan lima skala tersebut adalah sebagai berikut :

- Apabila jawaban A diberi skor 5
- Apabila jawaban B diberi skor 4
- Apabila jawaban C diberi skor 3
- Apabila jawaban D diberi skor 2
- Apabila jawaban E diberi skor 1

Sedangkan pengambilan data-data mengenai variabel independen dari data historis perusahaan dilakukan dengan cara mempelajari atau mengumpulkan catatan ataupun dokumen yang berhubungan dengan penelitian yang dimiliki perusahaan.

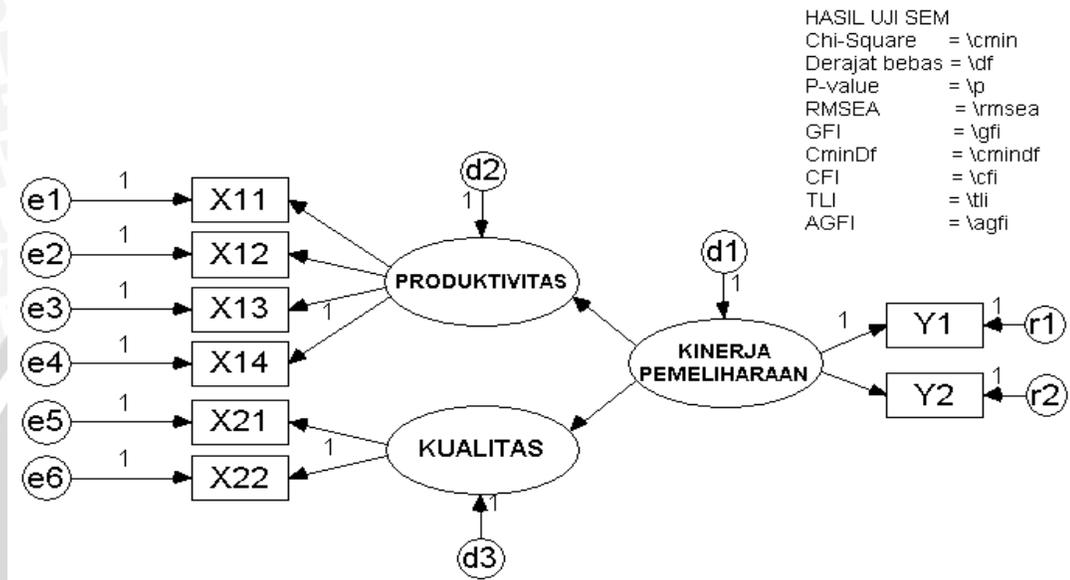
### 3.3.2. Populasi dan Sampel

Besar kecilnya sampel yang diambil untuk sebuah penelitian, Winarno Surachmad memberikan pedoman dalam penetapan sampling : “Apabila populasi cukup homogen (serba sama), terhadap populasi dibawah 100 dapat digunakan sampel sebesar 50%, bila diatas 100 digunakan sampel sebesar 15%. Menurut Hair dkk, ukuran sampel yang sesuai adalah antara 100 – 200. Bila ukuran sampel menjadi terlalu besar misalnya lebih dari 400, maka metode menjadi “sangat sensitif” sehingga sulit untuk mendapatkan ukuran-ukuran *goodness-of-fit* yang baik. Hair dkk menyarankan bahwa ukuran sampel minimum adalah sebanyak 5 observasi untuk setiap *estimated parameter*. Dengan demikian bila *estimated parameter*-nya berjumlah 20, maka jumlah sampel minimum adalah 100.

Asumsi-asumsi ukuran sampel dalam *Structural Equation Modeling* (SEM) adalah minimum berjumlah 100 dan selanjutnya menggunakan perbandingan 5 observasi untuk setiap *estimated parameter*. Sedangkan dalam penelitian ini terdapat 8 *estimated parameter*, maka sampel minimum yang digunakan adalah sebanyak 40 sampel.

### 3.3.3. Asumsi Model Structural Equation Modelling

Dalam penelitian hubungan kinerja pemeliharaan metode RCM dengan produktivitas dan kualitas ini, dibutuhkan model dari Structural Equation Modelling sebagai asumsi awal analisis. Model awal ini, ditunjukkan dalam gambar 3.1. berikut ini:



Gambar 3.1. Model asumsi awal SEM

### 3.3.4. Pengumpulan dan Penyusunan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian dibagi menjadi dua yaitu:

#### 1. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan yaitu metode untuk memperoleh data dengan pengamatan lapangan di PT PJB UP Gresik. Adapun cara pengumpulan data dengan metode lapangan adalah sebagai berikut:

##### a. Wawancara

Yaitu mengadakan tanya jawab langsung dengan manajer, staff, karyawan dan pihak-pihak yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti.

##### b. Observasi

Teknik pengumpulan data dengan cara membaca, mengolah data atau laporan yang erat kaitannya dengan kinerja pemeliharaan, produktivitas dan kualitas .

##### c. Dokumentasi

Proses pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mempelajari atau mengumpulkan catatan atau dokumen yang berhubungan dengan penelitian yang dimiliki perusahaan.

d. Kuisisioner

Cara pengumpulan data dengan cara menyebarkan daftar pertanyaan pada responden dalam hal ini adalah manajer, staff dan karyawan PT. PJB UP Gresik.

## 2. Penelitian Kepustakaan

Penelitian kepustakaan yaitu metode yang digunakan untuk memperoleh data mengenai teori-teori dan hal-hal yang berkaitan dengan masalah yang diteliti sebagai dasar untuk evaluasi dampak *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, pengukuran kinerja pemeliharaan dan aplikasi statistikal *Structural Equation Modeling (SEM)* dalam usaha meningkatkan produktivitas dan kualitas perusahaan.

### 3.3.5. Teknik Analisis Evaluasi Asumsi-asumsi SEM

#### 3.3.5.1. Pengujian Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Pengujian instrumen merupakan langkah penting dalam penelitian dengan variabel kualitatif, instrumen berupa kuisisioner atau daftar isian harus valid dan reliabel.

##### 1. Pengujian Validitas Instrumen

Validitas menunjukkan sejauh mana suatu alat ukur mampu mengukur apa yang ingin diukur. Pengujian validitas tiap butir menggunakan analisis item yang mengkorelasikan skor tiap butir dengan skor total yang merupakan jumlah tiap skor butir. Syarat minimum untuk dianggap memenuhi syarat adalah jika korelasi antar butir dengan skor total sebesar 0,3. Sehingga jika korelasi antar butir dengan skor total kurang dari 0,3 berarti butir dalam instrumen tersebut dinyatakan tidak valid. Korelasi yang digunakan adalah korelasi *Pearson Product Moment*. Perhitungan validitas instrumen pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan program *Statistical Product & Service Solution 14.0 (SPSS 14.0)*.

##### 2. Pengujian Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan. Salah satu cara pengukurannya adalah menggunakan koefisien *Alpha Cronbach ( $\alpha$ )*, dimana jika nilai alpha lebih sebesar 0,6 menunjukkan instrumen tersebut reliabel. Perhitungan pengujian reliabilitas instrumen dilakukan dengan menggunakan bantuan program SPSS 14.0.

### Uji Normalitas

Dalam penelitian ini uji normalitas dilakukan dengan menggunakan fasilitas *test for normality and outliers* yang tersedia dalam program *Analysis of Moment Structure 4.01* (AMOS 4.01). Sebaran data harus dianalisa untuk melihat apakah asumsi normalitas dipenuhi sehingga data dapat diolah lebih lanjut untuk pemodelan SEM ini.

Normalitas dapat diuji dengan melihat histogram data atau dapat diuji dengan metode-metode statistik. Uji normalitas ini perlu dilakukan baik untuk normalitas terhadap data tunggal maupun normalitas multivarian dimana beberapa variabel digunakan sekaligus dalam analisis akhir. Nilai statistik untuk menguji normalitas adalah *critical ratio* (c.r.). Bila nilainya lebih besar dari nilai kritis maka dapat ditentukan berdasarkan tingkat signifikansi yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan tingkat signifikansi 0,01 (1%) dengan nilai kritisnya adalah  $\pm 2,58$ . Sehingga syarat yang harus dipenuhi agar kondisi masing-masing distribusi data mengikuti sebaran normal adalah harus didapat  $c.r. \leq \pm 2,58$ .

### Evaluasi atas *Outlier*

Menurut Hair et al. dalam Ferdinand (2000:94) *outlier* merupakan data atau observasi yang memiliki karakteristik unik yang terlihat sangat berbeda jauh dari observasi-observasi yang lainnya dan muncul sebagai nilai ekstrim baik dalam bentuk variabel tunggal atau variabel kombinasi. *Outlier* dapat dievaluasi dengan dua cara, yaitu evaluasi terhadap *univariate outlier* dan terhadap *multivariate outlier*.

#### 1. *Univariate Outlier*

Deteksi terhadap adanya *univariate outlier* dapat dilakukan dengan menentukan nilai ambang batas yang akan dikategorikan sebagai *outlier* dengan cara mengkonversi nilai data penelitian kedalam *standard score* atau *z-score*. Menurut Hair et al. dalam Ferdinand (2000:94) bahwa untuk sampel yang besar (diatas 80) pedoman evaluasi adalah nilai ambang batas dari *z-score* berada pada rentang 3 sampai dengan 4. Oleh karena itu observasi-observasi yang mempunyai *z-score*  $\geq 3,0$  akan dikategorikan sebagai *outlier*. Analisis terhadap *univariate outlier* dalam penelitian ini menggunakan bantuan program SPSS 13.0.

#### 2. *Multivariate Outlier*

Walaupun observasi yang dianalisis tidak mengindikasikan adanya *outlier* pada tingkat *univariate*, evaluasi terhadap *multivariate outlier* tetap perlu dilakukan karena observasi tersebut dapat menjadi *outlier* bila saling dikombinasikan. Analisis

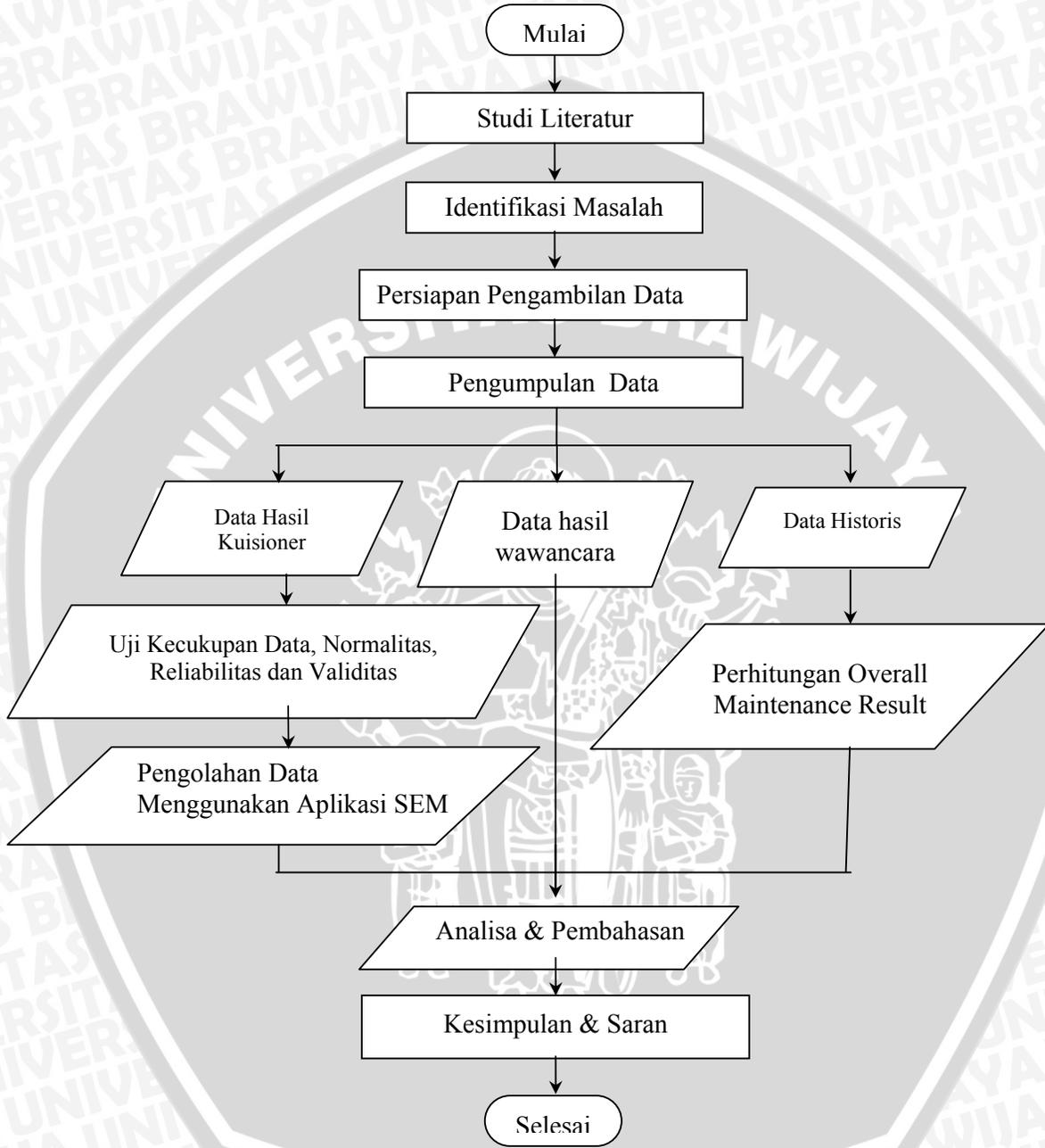
ini dilakukan dengan menggunakan kriteria *Mahalanobis Distance* (jarak mahalanobis) pada tingkat  $p < 0,01$ . Menurut Hair et al. dalam Ferdinand (2000:98) "Jarak mahalanobis merupakan jarak yang menunjukkan sebuah observasi dari rata-rata semua variabel dalam sebuah ruang multidimensional". Jarak mahalanobis dievaluasi dengan menggunakan *Chi-square* ( $\chi^2$ ) pada derajat bebas (dk) sebesar jumlah variabel yang digunakan dalam penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan 10 variabel, sehingga pada analisis multivariat kasus atau observasi dengan jarak mahalanobis lebih besar dari  $\chi^2 (10, 0,01) = 23,2$  dikategorikan sebagai *multivariate outlier*. Jarak mahalanobis dihitung menggunakan analisis regresi dimana label dari kasus (nomor urut) responden dijadikan sebagai variabel dependen dan variabel lainnya yang akan digunakan dalam model diperlakukan sebagai variabel independen. Dalam penelitian ini *multivariate outlier* dianalisis dari output AMOS 4.01.

#### **Evaluasi atas *Regression Weight* untuk Uji Kausalitas**

Untuk menguji hipotesis mengenai kausalitas yang dikembangkan dalam model, perlu dilakukan uji hipotesis nol yang menyatakan bahwa koefisien regresi antar hubungan adalah sama dengan nol melalui uji-t yang lazim dalam model-model regresi. Evaluasi ini dianalisis dari hasil output AMOS 4.01.

**3.3.5. Diagram Alir Penelitian**

Diagram ini akan memberikan gambaran tentang arah dan sistematika pemecahan masalah yang ada, yang ditunjukkan pada gambar 3.2. di bawah ini:



Gambar 3.2. Pengolahan Data

## BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengumpulan Data

Untuk mendukung pemecahan masalah, maka diperlukan data yang cukup akurat. Pengumpulan data ini dilakukan pada tanggal 8 Juni s.d. 15 Juni 2007. Sesuai dengan surat izin nomor P 051 – 354 yang dikeluarkan oleh PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik (PT. PJB UP. Gresik). Dalam bab ini akan diberikan beberapa data yang diperoleh dari penelitian lapangan, wawancara atau keterangan dari supervisor yang diberi wewenang oleh perusahaan. Dan juga perhitungan dan pembahasan sebagai interpretasi dari data yang diperoleh berdasarkan dengan metode penelitian yang telah ditetapkan. Sehingga dapat diperoleh pengukuran mengenai kinerja pemeliharaan metode Reliability Centered Maintenance yang dilakukan oleh PT. PJB UP Gresik sejak tahun 2001 dan dapat diketahui signifikansi antara kinerja pemeliharaan metode RCM dengan upaya penjagaan produktivitas dan kualitas yang diinginkan oleh PT PJB UP Gresik.

Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Data rencana pemeliharaan yang dibuat oleh PT. PJB UP Gresik dan realisasinya pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1. 2.3.
2. Data rencana inspeksi dan realisasinya pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1. 2.3.
3. Realisasi produksi listrik (MWH) yang dicapai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1. 2.3.
4. Data kerusakan pada instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1. 2.3 dan pemeliharaan yang dilakukan..
5. Kuisioner pada karyawan pada bagian Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1. 2.3.

Untuk lebih memfokuskan objek penelitian dan mempermudah perhitungan, maka data yang diambil adalah pada instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1, 2, 3 di tahun 2006.

#### 4.1.1 Data Realisasi Produksi

Data realisasi produksi listrik (MWH) yang dicapai PLTGU pada tahun 2006 dapat dilihat pada tabel 4.1.,4.2.,4.3., berikut ini:

Tabel 4.1. Realisasi Produksi PLTGU Blok 1

Pembangkit	Daya Terpasang (MW)	Realisasi Produksi		
		Pemakaian Sendiri & Susut Trafo	Penjualan	Total
GT- 1.1	112.45	5069.04	455871.30	460940.34
GT-1.2	112.45	3893.76	490065.89	493959.65
GT-1.3	112.45	5659.53	734710.47	740730
ST-1	189.91	41758.61	884651359	926409.969
<b>Blok 1</b>	<b>526.26</b>	<b>56830.94</b>	<b>2565299.06</b>	<b>1143462.16</b>

Data Sekunder

Sumber : PT PJB UP Gresik

Tabel 4.2. Realisasi Produksi PLTGU Blok 2

Pembangkit	Daya Terpasang (MW)	Realisasi Produksi		
		Pemakaian Sendiri & Susut Trafo	Penjualan	Total
GT- 2.1	112.45	3051.32	325508.71	<b>328560.03</b>
GT-2.2	112.45	2841.20	324828.77	<b>327669.97</b>
GT-2.3	112.45	4119.71	303830.29	<b>307950</b>
ST-2	189.91	29776.61	509593.39	<b>539370</b>
<b>Blok 2</b>	<b>526.26</b>	<b>39788.84</b>	<b>1463761.16</b>	<b>1503550</b>

Data Sekunder

Sumber : PT PJB UP Gresik

Tabel 4.3. Realisasi Produksi PLTGU Blok 2

Pembangkit	Daya Terpasang (MW)	Realisasi Produksi		
		Pemakaian Sendiri & Susut Trafo	Penjualan	Total
GT- 3.1	112.45	5753.51	561426.83	<b>567180.34</b>
GT-3.2	112.45	4734.82	626424.84	<b>631159.66</b>
Gt-3.3	112.45	5191.17	618578.83	<b>623770</b>
ST-3	189.91	45652.37	1001097.1	<b>1046749.49</b>
<b>Blok 3</b>	<b>526.26</b>	<b>61331.88</b>	<b>2807528.1</b>	<b>2868860</b>

Data Sekunder

Sumber : PT PJB UP Gresik

#### 4.1.2. Data Kerusakan PLTGU

Data kerusakan PLTGU ini merupakan data dari laporan karyawan ke bagian pemeliharaan, dan dicatat sebagai kerusakan bila dalam perbaikannya membuat instalasi pembangkit *downtime* (tidak beroperasi). Data kerusakan ini, ditunjukkan dalam tabel 4.4. berikut ini:

Tabel 4.4. Data kerusakan instalasi PLTGU

PEMBANGKIT	Jumlah Gangguan (x)
GT- 1.1	4
GT-1.2	0
GT-1.3	3
ST-1	3
Blok 1	10
GT- 2.1	2
GT-2.2	2
GT-2.3	0
ST-2	0
Blok 2	4
GT- 3.1	0
GT-3.2	1
Gt-.3.3	0
ST-3	0
Blok 3	4

Data Sekunder

Sumber : PT PJB UP Gresik

#### 4.1.3. Data Pemeliharaan

Dalam data pemeliharaan ini, yang dijadikan objek penelitian ini adalah untuk mencari tahu mengenai lamanya waktu (jam) instalasi PLTGU dalam keadaan ”downtime” (tidak beroperasi). Penyebab tidak beroperasinya instalasi tersebut, dibagi kedalam dua bagian:

1. Downtime (tidak beroperasi) PLTGU akibat pemeliharaan yang telah direncanakan dalam jadwal pemeliharaan / predictive maintenance. Dalam penyusunan skripsi ini, disebut dengan *planned outage*.

2. Downtime (tidak beroperasi) PLTGU akibat pemeliharaan yang dilakukan akibat kerusakan pada instalasi PLTGU / corrective maintenance. Dalam penyusunan skripsi ini, disebut dengan *maintenance outage*.

Untuk lebih jelasnya dalam melihat lamanya waktu (jam) instalasi PLTGU dalam keadaan "downtime" (tidak beroperasi). Sehingga disusun kedalam tabel 4.5. berikut ini:

Tabel 4.5. Jumlah jam Down Time PLTGU

PEMBANGKIT	JAM TIDAK TERSEDIA	
	Maintenance Outage	Planned Outage
GT- 1.1	81.05	1259.309
GT-1.2	22.60	627.76
GT-1.3	6.95	215.25
ST-1	0.00	1083.34
GT- 2.1	0.00	254.98
GT-2.2	0.00	0.00
GT-2.3	45.88	1258.85
ST-2	0.00	1116.07
GT- 3.1	0.00	1056.32
GT-3.2	0.00	616.79
GT-3.3	0.00	521.22
ST-3	0.00	1072.08

Data Sekunder

Sumber: PT PJB UP Gresik

#### 4.1.4. Data Waktu *Stand By*

Data waktu *stand by* merupakan data dimana instalasi pembangkit tidak beroperasi, akan tetapi bukan disebabkan kerusakan instalasi. Hal ini lebih disebabkan karena inslulasi tersebut tidak dipergunakan atas permintaan P3B agar pembangkit dipersiapkan untuk dioperasikan kembali dalam waktu yang lama. Waktu *Stand by* diasumsikan sebagai waktu instalasi dalam keadaan tersedia dan siap untuk beroperasi. Sehingga produksi yang hilang karena waktu *stand by* bukan merupakan kerugian yang diakibatkan instalasi.

Tabel 4.6. berikut ini, menunjukkan data waktu *stand by* PLTGU blok 1,2 dan 3 pada tahun 2006.

Tabel 4.6.  
waktu *Stand by* PLTGU blok 1,2 dan 3

PEMBANGK IT	WAKTU <i>STAND BY</i> (JAM)
GT-1.1	509.94
GT-1.2	725.98
GT-1.3	102.72
ST-1	0.00
GT-2.1	3175.78
GT-2.2	3507.80
GT-2.3	2307.07
ST-2	1833.95
GT-3.1	270.30
GT-3.2	55.23
GT-3.3	332.14
ST-3	13.78

Data Sekunder

Sumber : PT PJB UP Gresik

#### 4.1.5. Data Wawancara dan Kuisisioner

Data wawancara dan kuisisioner merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuisisioner yang dilakukan terhadap karyawan PT PJB UP Gresik unit PLTGU. Pertanyaan-pertanyaan yang diberikan merupakan upaya untuk mengetahui pendapat karyawan mengenai kinerja pemeliharaan yang telah dilakukan perusahaan, serta gangguan-gangguan yang sering dialami dalam proses operasi dan pendapat karyawan akan kendala pembangkit untuk menghasilkan produk listrik yang berkualitas.

##### 4.1.5.1. Data Variabel Produktivitas

Variabel bentukan produktivitas dibentuk dari 4 variabel indikator, antara lain tingkat produktivitas karyawan, tingkat operasi, tingkat kerusakan dan tingkat nilai tambah karyawan.

**Tingkat produktivitas karyawan (X1)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat hubungan dengan rekannya di tempat kerja (x1.1), hubungan dengan atasan (x1.2), tingkat penguasaan karyawan terhadap pekerjaannya (x1.3), kenyamanan karyawan akan pekerjaannya (x1.4), kepuasan karyawan akan hasil yang telah dilakukannya (x1.5) dan tingkat pengawasan pimpinan terhadap aktivitas pekerjaan yang dilakukan (x1.6).

**Tingkat Operasi (X2)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat ketidakmampuan pembangkit dalam memenuhi permintaan produksi listrik dari P3B (x2.1), tingkat pemenuhan target operasi kerja yang ditetapkan perusahaan (x2.2), tingkat gangguan yang menghambat operasi kerja (x2.3), tingkat penggunaan peralatan yang telah diotomasi (x2.4).

**Tingkat kerusakan / Breakdown (X3)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat intensitas terjadinya kerusakan (x3.1), tingkat lamanya perbaikan (x3.2), tingkat kerusakan di tempat pekerjaan (x3.3), tingkat pengetahuan karyawan mengenai berbagai kerusakan (x3.4).

**Tingkat Nilai Tambah karyawan (X4)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai prosedur kerja yang telah ditetapkan (x4.1), tingkat fleksibilitas penempatan karyawan (x4.2), tingkat rencana kerja (work planning) yang dilakukan sebelum memulai pekerjaan (x4.3), tingkat pelatihan kerja (training) yang diadakan perusahaan (x4.4), Tingkat kesalahan karyawan akan pekerjaan yang dilakukan (x4.5).

Tabel 4.7. berikut ini merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuisisioner mengenai Produktivitas.

Tabel 4.7. Data Hasil Kuisisioner mengenai Produktivitas

No.	Data Variabel Produktivitas																							
	x1.1	x1.2	x1.3	X1.4	x1.5	x1.6	X.1	x2.1	x2.2	x2.3	x2.4	X.2	x3.1	x3.2	x3.3	x3.4	X.3	x4.1	x4.2	x4.3	x4.4	x4.5	X.4	
1	4	4	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	4	4	3	3.75	4	4	4	4	4	4.00	
2	4	3	3	3	3	3	3.17	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25	4	3	3	4	4	3.60	
3	4	4	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	3	3	4	3.50	4	4	4	3	4	3.80	
4	4	3	4	4	4	4	3.83	2	3	3	3	2.75	4	3	4	4	3.75	4	4	4	3	3	3.60	
5	4	3	4	3	4	4	3.67	2	3	2	3	2.50	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4.00	
6	5	5	3	4	4	4	4.17	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	3	4.20	
7	5	5	4	4	4	4	4.33	2	3	3	2	2.50	3	3	4	4	3.50	4	3	4	4	4	3.80	
8	4	4	4	4	4	4	4.00	3	2	3	2	2.50	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60	
9	4	4	4	4	4	4	4.00	2	3	2	3	2.50	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4.00	
10	4	3	3	3	3	3	3.17	3	2	3	2	2.50	3	2	2	3	2.50	4	3	4	3	4	3.60	
11	3	3	3	3	3	3	3.00	1	2	3	2	2.00	3	1	2	3	2.25	4	4	4	4	3	3.80	
12	4	5	4	5	4	5	4.50	4	4	4	5	4.25	4	3	4	4	3.75	5	4	4	4	5	4.40	
13	4	4	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	4	4	3	3.75	4	4	4	4	4	4.00	
14	5	5	3	3	3	3	3.67	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	3	3	3	4	3.40	
15	4	4	4	4	4	4	4.00	2	3	2	4	2.75	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4.00	
16	5	5	3	4	4	4	4.17	2	3	3	4	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	4	4.40	
17	5	5	4	5	5	4	4.67	1	2	3	3	2.25	3	4	4	4	3.75	4	4	5	5	4	4.40	
18	4	4	4	3	2	3	3.33	2	3	2	3	2.50	3	2	2	3	2.50	5	4	4	4	4	4.20	
19	3	3	3	4	4	4	3.50	3	3	3	4	3.25	3	3	2	3	2.75	4	4	4	3	3	3.60	
20	4	3	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	2	3	3	3	2.75	4	4	3	3	3	3.40	
21	5	5	5	5	5	5	5.00	3	4	4	4	3.75	3	3	3	3	3.00	4	5	4	5	5	4.60	
22	4	4	3	4	4	4	3.83	4	3	4	4	3.75	4	4	4	3	3.75	4	4	5	5	3	4.20	
23	4	4	3	4	2	3	3.33	2	3	3	3	2.75	2	1	2	3	2.00	4	4	3	3	3	3.40	
24	4	3	3	3	3	3	3.17	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25	4	3	3	4	4	3.60	
25	4	4	4	4	4	4	4.00	3	2	3	2	2.50	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60	
26	4	4	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00	4	3	4	3	3.50	4	4	4	4	4	4.00	
27	4	4	4	4	4	4	4.00	2	3	2	3	2.50	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4.00	
28	4	3	3	4	3	3	3.33	3	2	3	2	2.50	3	2	2	3	2.50	4	3	3	3	4	3.40	
29	4	4	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	3	3	4	3.50	4	4	4	3	3	3.60	

No.	Data Variabel Produktivitas																						
	x1.1	x1.2	x1.3	X1.4	x1.5	x1.6	X.1	x2.1	x2.2	x2.3	x2.4	X.2	x3.1	x3.2	x3.3	x3.4	X.3	x4.1	x4.2	x4.3	x4.4	x4.5	X.4
31	5	4	4	5	4	4	4.33	3	4	4	4	3.75	4	4	4	4	4.00	4	4	5	5	4	4.40
32	5	5	5	5	5	5	5.00	1	3	3	2	2.25	2	1	3	2	2.00	4	4	4	4	3	3.80
33	5	5	3	3	3	3	3.67	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	3	3	3	4	3.40
34	4	4	4	4	4	4	4.00	2	4	4	4	3.50	4	4	4	3	3.75	4	4	4	4	4	4.00
35	5	5	3	4	3	3	3.83	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	3	3	3	4	3.40
36	5	4	4	3	4	4	4.00	1	2	3	2	2.00	3	4	4	4	3.75	3	3	5	4	5	4.00
37	4	3	4	4	4	4	3.83	3	4	3	4	3.50	4	3	4	4	3.75	4	4	4	3	3	3.60
38	5	5	4	4	4	4	4.33	3	3	2	2	2.50	2	2	2	2	2.00	4	4	4	3	3	3.60
39	4	3	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	2	3	3	3	2.75	4	4	3	3	3	3.40
40	5	5	4	4	4	4	4.33	2	3	3	2	2.50	3	4	4	4	3.75	4	3	4	4	3	3.60
41	4	4	3	4	4	4	3.83	4	3	4	4	3.75	4	4	4	3	3.75	4	3	4	3	4	3.60
42	4	4	3	3	4	4	3.67	4	4	4	3	3.75	4	4	4	3	3.75	4	4	4	3	3	3.60
43	4	4	3	3	4	4	3.67	2	2	3	2	2.25	3	3	3	4	3.25	4	4	4	5	5	4.40
44	4	3	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	2	3	3	3	2.75	4	4	3	3	3	3.40
45	4	5	4	5	4	5	4.50	4	4	4	5	4.25	4	3	4	4	3.75	3	4	4	4	3	3.60
46	4	4	4	4	4	4	4.00	3	2	3	2	2.50	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60
47	5	4	4	5	4	4	4.33	2	3	3	3	2.75	4	4	4	4	4.00	4	4	4	5	5	4.40
48	5	5	5	5	5	5	5.00	1	3	3	2	2.25	1	1	2	2	1.50	4	4	4	4	4	4.00
49	4	3	3	4	3	3	3.33	3	2	3	2	2.50	2	1	3	3	2.25	4	3	3	3	4	3.40
50	4	4	3	4	5	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	3	3	3	3.25	5	4	4	4	4	4.20
51	4	4	3	4	4	4	3.83	4	3	4	3	3.50	2	3	3	4	3.00	5	4	4	4	4	4.20
52	5	4	4	5	4	4	4.33	2	3	3	3	2.75	4	4	4	4	4.00	4	4	5	5	4	4.40
53	4	4	4	4	4	4	4.00	3	2	3	2	2.50	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	3	3.60
54	4	3	4	4	4	4	3.83	2	3	2	2	2.25	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4.00
55	4	4	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	3.75	4	4	4	4	4	4.00
56	4	3	3	4	3	3	3.33	3	2	3	2	2.50	3	2	2	3	2.50	4	3	4	3	3	3.40
57	5	5	3	4	4	4	4.17	2	3	3	3	2.75	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	4	4.40
58	4	3	4	4	4	4	3.83	3	4	3	4	3.50	4	3	4	4	3.75	4	4	4	3	3	3.60
59	4	4	3	3	3	3	3.33	4	4	3	4	3.75	2	2	2	3	2.25	4	3	4	3	3	3.40
60	4	4	3	4	2	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60

No.	Data Variabel Produktivitas																						
	x1.1	x1.2	x1.3	X1.4	x1.5	x1.6	X.1	x2.1	x2.2	x2.3	x2.4	X.2	x3.1	x3.2	x3.3	x3.4	X.3	x4.1	x4.2	x4.3	x4.4	x4.5	X.4
61	5	5	4	4	4	4	4.33	2	3	3	2	2.50	3	4	4	4	3.75	4	4	4	4	4	4.00
62	4	4	4	4	3	4	3.83	3	3	3	4	3.25	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4.00
63	5	4	4	3	4	4	4.00	3	4	4	3	3.50	3	4	4	4	3.75	5	5	5	4	4	4.60
64	4	4	3	4	2	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60
65	4	5	4	5	4	5	4.50	3	5	3	4	3.75	3	4	4	4	3.75	5	4	4	5	4	4.40
66	4	3	2	4	3	2	3.00	1	3	3	2	2.25	1	1	2	2	1.50	4	3	4	3	3	3.40
67	4	3	3	4	3	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	4	4	4.00
68	5	5	5	5	5	5	5.00	2	3	3	3	2.75	2	1	2	3	2.00	4	4	4	4	3	3.80
69	5	5	5	5	5	5	5.00	3	4	3	4	3.50	3	3	4	3	3.25	4	4	4	3	4	3.80
70	4	4	4	4	4	3	3.83	3	4	4	4	3.75	2	2	2	3	2.25	4	3	4	4	3	3.60
71	4	4	3	4	4	4	3.83	4	3	4	3	3.50	2	3	3	4	3.00	5	4	4	5	4	4.40
72	4	3	3	4	3	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	4	4	4.00
73	5	5	4	5	5	4	4.67	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00	5	5	5	4	4	4.60
74	4	3	4	4	4	4	3.83	2	3	2	3	2.50	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4.00
75	3	3	3	3	3	3	3.00	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	4	4	3	4	3	3.60
76	4	4	3	4	4	4	3.83	4	3	4	3	3.50	2	3	3	4	3.00	5	4	4	5	4	4.40
77	5	5	3	4	4	4	4.17	2	3	3	4	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	5	4.60
78	4	4	3	4	4	4	3.83	2	3	4	4	3.25	4	4	4	3	3.75	4	3	4	4	4	3.80
79	4	3	2	4	3	2	3.00	4	3	4	5	4.00	2	4	2	3	2.75	2	3	3	3	2	2.60
80	4	4	3	4	2	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60
81	4	4	3	4	2	3	3.33	2	3	3	3	2.75	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60
82	4	4	4	4	4	4	4.00	2	3	4	4	3.25	4	3	4	3	3.50	4	3	4	4	3	3.60
83	5	5	3	4	4	4	4.17	2	3	3	4	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	3	4.20
84	3	3	3	4	4	4	3.50	2	3	2	4	2.75	3	3	2	3	2.75	4	4	4	3	3	3.60
85	4	4	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75	4	3	3	4	3.50	4	3	4	3	4	3.60
86	5	5	4	5	5	4	4.67	1	3	3	2	2.25	4	4	4	4	4.00	5	5	5	4	4	4.60
87	3	3	3	3	3	3	3.00	2	2	3	2	2.25	2	1	3	2	2.00	4	4	4	4	3	3.80
88	5	5	3	4	4	4	4.17	3	2	3	2	2.50	3	4	4	4	3.75	4	4	4	3	3	3.60
89	5	5	5	5	5	5	5.00	3	5	3	4	3.75	4	4	4	4	4.00	4	5	4	3	5	4.20
90	3	3	3	3	3	3	3.00	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	4	4	4	4	3	3.80

No.	Data Variabel Produktivitas																						
	x1.1	x1.2	x1.3	X1.4	x1.5	x1.6	X.1	x2.1	x2.2	x2.3	x2.4	X.2	x3.1	x3.2	x3.3	x3.4	X.3	x4.1	x4.2	x4.3	x4.4	x4.5	X.4
91	4	3	3	4	3	3	3.33	1	2	3	3	2.25	2	2	2	2	2.00	4	3	4	3	2	3.20
92	4	3	3	4	3	3	3.33	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	4	4	4	4.00
93	4	3	3	3	3	3	3.17	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25	4	3	3	4	4	3.60
94	4	4	4	4	4	2	3.67	4	4	4	4	4.00	3	4	3	4	3.50	4	4	4	4	4	4.00
95	3	3	3	3	3	3	3.00	3	4	3	4	3.50	3	3	3	3	3.00	4	4	4	4	3	3.80
96	4	4	4	4	3	4	3.83	3	5	3	4	3.75	3	3	4	3	3.25	4	5	4	5	5	4.60
97	5	5	3	4	4	4	4.17	2	3	3	4	3.00	3	3	3	3	3.00	4	4	5	5	5	4.60
98	4	4	3	4	4	4	3.83	2	3	4	4	3.25	4	4	4	3	3.75	4	3	4	4	4	3.80
99	4	4	3	4	3	5	3.83	4	4	3	4	3.75	2	3	3	3	2.75	4	4	3	4	4	3.80
100	3	3	3	4	4	4	3.50	2	3	2	4	2.75	3	3	2	3	2.75	4	3	4	3	3	3.40
101	4	4	3	4	2	3	3.33	2	3	3	3	2.75	3	3	3	3	3.00	4	4	4	3	3	3.60

Sumber: Data diolah



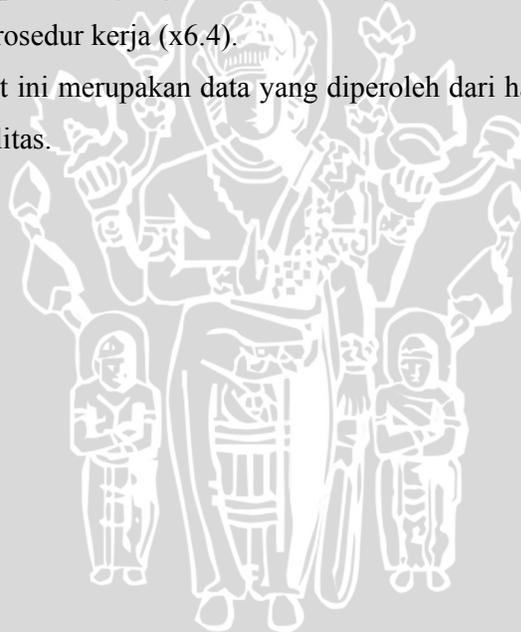
#### 4.1.5.2.Data Variabel Kualitas

Variabel bentukan kualitas dibentuk dari 2 variabel indikator, antara lain tingkat cacat proses dan tingkat cacat produk.

**Tingkat cacat proses (X5)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat komitmen seluruh komponen perusahaan untuk menjaga kualitas produk (listrik) yang dihasilkan (x5.1), tingkat faktor operasi mesin untuk menghasilkan produk listrik yang berkualitas (sesuai aturan) (x5.2), tingkat faktor kesalahan kerja yang dilakukan oleh karyawan (x5.3), tingkat kesadaran operator untuk menjaga kualitas produk listrik yang dihasilkan (x5.4).

**Tingkat cacat produk (X6)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat kesesuaian produksi listrik dan permintaan (x6.1), tingkat cacat (tidak sesuai aturan) produk listrik yang dihasilkan (x6.2), Tingkat reliabilitas mesin dalam mencegah produksi yang cacat (x6.3), tingkat kemampuan atasan dalam menjelaskan mutu dan prosedur kerja (x6.4).

Tabel 4.8. berikut ini merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuisisioner mengenai Kualitas.



Tabel 4.8. Data Hasil Kuisioner mengenai Kualitas Produk

No	Data Variabel Kualitas									
	x5.1	x5.2	x5.3	x5.4	X.5	x6.1	x6.2	x6.3	x6.4	X.6
1	4	4	4	5	4.25	5	4	4	4	4.25
2	3	3	4	4	3.50	4	3	3	3	3.25
3	4	3	3	4	3.50	3	2	2	4	2.75
4	4	3	4	4	3.75	3	2	2	3	2.50
5	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
6	3	2	3	3	2.75	4	3	3	4	3.50
7	4	4	4	4	4.00	5	5	4	4	4.50
8	5	4	4	5	4.50	4	4	4	5	4.25
9	4	4	4	4	4.00	2	4	4	4	3.50
10	2	2	3	3	2.50	2	3	2	2	2.25
11	2	2	1	1	1.50	2	1	2	1	1.50
12	5	4	4	4	4.25	4	4	4	5	4.25
13	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
14	3	3	2	3	2.75	3	2	2	3	2.50
15	4	4	4	4	4.00	2	4	4	4	3.50
16	3	2	3	3	2.75	4	2	3	4	3.25
17	3	3	3	5	3.50	4	4	3	4	3.75
18	4	3	4	4	3.75	4	4	4	4	4.00
19	4	3	3	4	3.50	4	4	2	3	3.25
20	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25
21	5	5	5	5	5.00	4	2	2	4	3.00
22	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
23	2	2	3	3	2.50	4	4	3	3	3.50
24	3	3	3	3	3.00	4	3	3	3	3.25
25	4	4	4	4	4.00	4	4	4	5	4.25
26	4	4	4	5	4.25	4	4	4	4	4.00
27	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	3.75
28	2	2	3	3	2.50	3	2	2	3	2.50
29	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25
30	2	1	1	2	1.50	3	1	3	1	2.00
31	4	4	4	5	4.25	2	3	3	4	3.00
32	3	3	2	1	2.25	4	2	4	2	3.00
33	4	3	4	4	3.75	3	2	2	3	2.50
34	4	4	4	5	4.25	5	4	4	4	4.25
35	3	3	2	2	2.50	3	2	2	3	2.50

No	Data Variabel Kualitas									
	x5.1	x5.2	x5.3	x5.4	X.5	x6.1	x6.2	x6.3	x6.4	X.6
36	3	3	3	4	3.25	4	4	3	4	3.75
37	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	3.75
38	3	3	3	4	3.25	4	3	3	4	3.50
39	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25
40	4	4	4	4	4.00	5	5	4	4	4.50
41	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
42	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
43	3	3	2	3	2.75	2	2	3	3	2.50
44	3	3	4	3	3.25	4	3	3	3	3.25
45	5	4	4	4	4.25	4	4	4	5	4.25
46	5	4	4	5	4.50	4	4	4	5	4.25
47	4	3	4	4	3.75	2	3	3	3	2.75
48	3	3	2	3	2.75	3	2	4	2	2.75
49	2	2	3	3	2.50	2	3	2	2	2.25
50	2	1	1	2	1.50	3	2	4	4	3.25
51	4	3	3	4	3.50	4	4	3	4	3.75
52	4	3	4	4	3.75	4	3	3	4	3.50
53	5	4	4	5	4.50	4	4	4	5	4.25
54	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
55	5	4	4	4	4.25	5	4	4	4	4.25
56	2	3	2	3	2.50	2	3	2	2	2.25
57	4	4	3	4	3.75	4	2	3	4	3.25
58	5	4	4	5	4.50	5	4	4	4	4.25
59	3	3	2	2	2.50	3	2	2	3	2.50
60	3	2	2	3	2.50	3	2	2	3	2.50
61	4	4	4	4	4.00	4	4	3	4	3.75
62	4	4	4	5	4.25	3	4	4	4	3.75
63	3	3	3	2	2.75	5	5	4	4	4.50
64	3	3	2	3	2.75	3	2	2	3	2.50
65	5	4	4	4	4.25	4	4	4	5	4.25
66	5	4	4	5	4.50	2	3	2	2	2.25
67	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3.00
68	3	3	3	4	3.25	4	2	4	2	3.00
69	5	5	5	5	5.00	5	5	5	4	4.75
70	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	3.75

No	Data Variabel Kualitas									
	x5.1	x5.2	x5.3	x5.4	X.5	x6.1	x6.2	x6.3	x6.4	X.6
71	2	3	2	3	2.50	4	4	3	4	3.75
72	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3.00
73	5	4	4	5	4.50	5	3	3	4	3.75
74	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
75	4	4	3	4	3.75	3	4	4	4	3.75
76	4	3	4	4	3.75	4	4	3	4	3.75
77	4	4	4	4	4.00	4	2	3	4	3.25
78	4	4	4	4	4.00	5	4	4	4	4.25
79	4	4	3	4	3.75	4	4	4	4	4.00
80	3	3	2	3	2.75	4	3	2	2	2.75
81	3	3	3	3	3.00	4	4	3	3	3.50
82	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
83	3	2	2	3	2.50	4	2	3	4	3.25
84	3	3	2	3	2.75	4	4	2	3	3.25
85	4	3	3	4	3.50	3	2	2	4	2.75
86	3	3	2	1	2.25	4	3	2	2	2.75
87	2	2	1	1	1.50	3	1	3	1	2.00
88	4	4	4	4	4.00	4	4	4	5	4.25
89	5	5	5	5	5.00	5	5	5	3	4.50
90	4	4	3	4	3.75	4	2	3	4	3.25
91	2	2	3	3	2.50	2	3	2	2	2.25
92	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3.00
93	3	3	4	5	3.75	4	3	3	3	3.25
94	4	4	4	4	4.00	4	4	4	5	4.25
95	4	4	3	4	3.75	4	2	3	4	3.25
96	5	5	5	5	5.00	5	5	5	4	4.75
97	3	2	3	3	2.75	4	4	3	4	3.75
98	4	4	4	4	4.00	5	4	4	4	4.25
99	4	3	3	4	3.50	3	4	3	4	3.50
100	4	3	2	4	3.25	4	4	2	3	3.25
101	3	3	3	3	3.00	4	4	3	3	3.50

Sumber : Data diolah

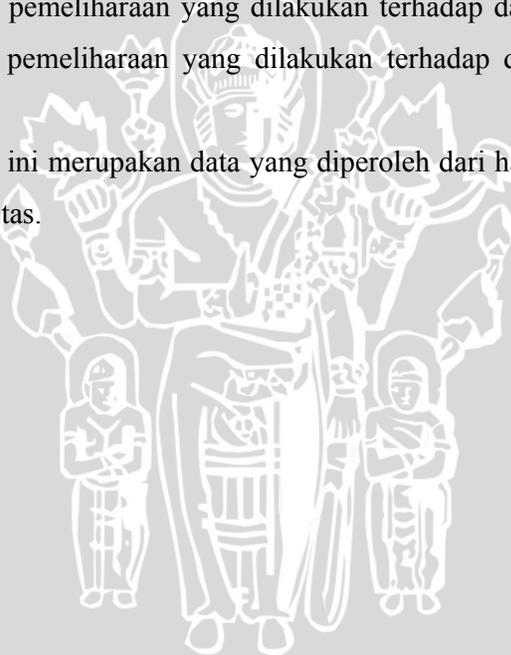
#### 4.1.5.3.Data Variabel Kinerja Pemeliharaan

Variabel bentukan kualitas dibentuk dari 2 variabel indikator, antara lain tingkat jumlah produksi (Y1) dan tingkat kualitas pemeliharaan (Y2).

**Tingkat jumlah Produksi (Y1)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat volume produksi listrik rata-rata pertahun (y1.1), tingkat peningkatan volume produksi listrik rata-rata pertahun (y1.2), tingkat pemanfaatan (utilitas) fasilitas produksi dalam menunjang peningkatan volume produksi listrik (y1.3), tingkat pemenuhan target produksi perusahaan (y1.4).

**Tingkat Kualitas Pemeliharaan (Y2)** merupakan variabel yang diperoleh dari pendapat karyawan mengenai tingkat kecepatan perbaikan terhadap kerusakan (y2.1), tingkat kerusakan yang tidak diprediksikan (y2.2), tingkat keberadaan fasilitas perbaikan yang memadai (y2.3), tingkat perbaikan instalasi di luar jadwal pemeliharaan (y2.4), Tingkat perhatian pemeliharaan yang dilakukan terhadap dampak keselamatan (y2.5), tingkat perhatian pemeliharaan yang dilakukan terhadap dampak lingkungan (y2.6).

Tabel 4.9. berikut ini merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuisisioner mengenai Kualitas.



Tabel 4.8. Data Hasil Kuisisioner mengenai Kinerja Pemeliharaan

No.	Data Variabel Kinerja Pemeliharaan											
	y1.1	Y1.2	y1.3	y1.4	Y.1	y2.1	y2.2	y2.3	y2.4	y2.5	y2.6	Y.2
1	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00
2	3	3	4	3	3.25	3	3	3	3	3	3	3.00
3	5	5	5	5	5.00	3	3	4	3	3	3	3.17
4	3	4	4	4	3.75	4	3	4	4	4	4	3.83
5	4	4	4	4	4.00	4	3	4	3	4	4	3.67
6	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
7	4	4	3	4	3.75	3	4	4	2	4	4	3.50
8	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	4	4	3.83
9	4	4	4	4	4.00	4	2	4	2	4	4	3.33
10	4	3	3	4	3.50	2	4	3	3	2	2	2.67
11	4	3	3	3	3.25	2	1	3	2	2	2	2.00
12	4	3	4	4	3.75	4	3	4	4	4	5	4.00
13	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00
14	4	3	4	3	3.50	4	3	4	2	3	4	3.33
15	4	4	4	4	4.00	4	2	4	2	4	4	3.33
16	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
17	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	5	5	4.17
18	4	3	4	4	3.75	3	4	4	4	4	4	3.83
19	4	4	4	4	4.00	3	4	4	3	3	3	3.33
20	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	2	3	2.83
21	5	4	4	5	4.50	5	5	5	4	4	4	4.50
22	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4	4.00
23	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67
24	3	3	4	3	3.25	3	3	3	3	3	3	3.00
25	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	4	4	3.83
26	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00
27	4	4	4	4	4.00	4	2	4	2	4	4	3.33
28	4	3	3	4	3.50	2	4	3	3	2	2	2.67
29	5	5	5	5	5.00	3	3	4	3	3	3	3.17
30	4	3	3	3	3.25	2	3	3	2	2	2	2.33
31	4	3	3	4	3.50	4	4	4	4	4	4	4.00
32	4	5	5	5	4.75	4	4	3	4	4	4	3.83
33	4	3	4	3	3.50	4	3	4	2	3	4	3.33
34	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00

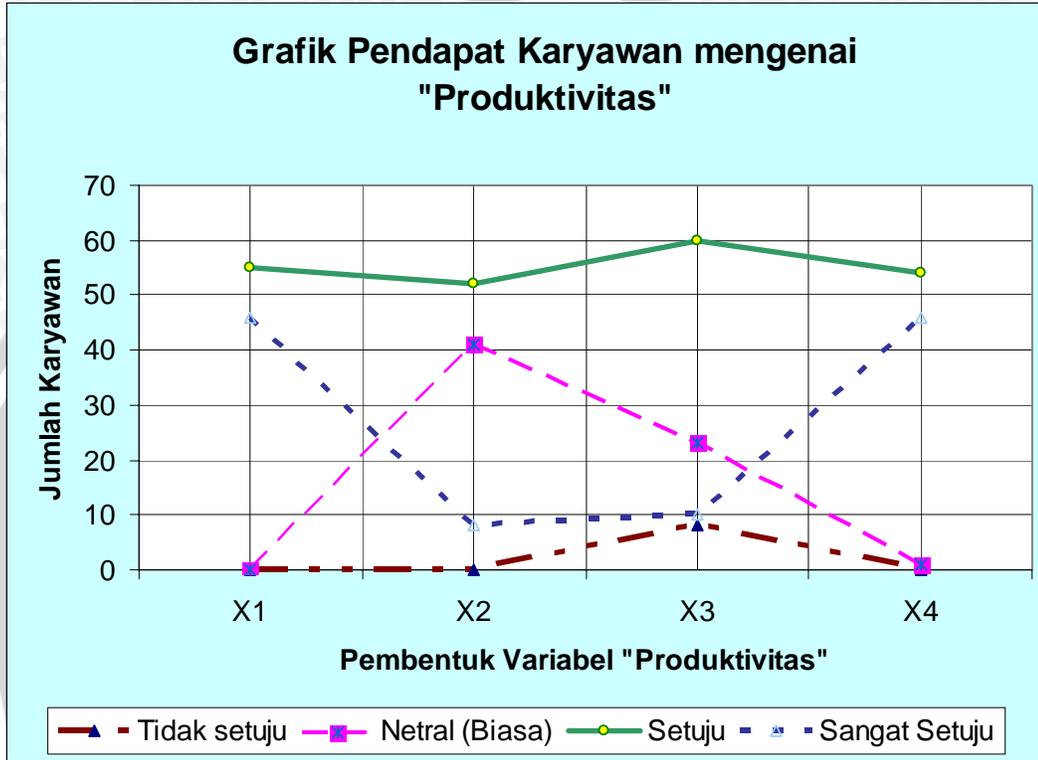
No.	Data Variabel Kinerja Pemeliharaan											
	y1.1	y1.2	y1.3	y1.4	Y.1	y2.1	y2.2	y2.3	y2.4	y2.5	y2.6	Y.2
35	3	3	4	3	3.25	4	3	4	2	3	4	3.33
36	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	5	5	4.17
37	3	4	4	4	3.75	4	3	4	4	4	4	3.83
38	3	3	3	3	3.00	2	3	3	3	3	3	2.83
39	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	2	3	2.83
40	4	4	4	4	4.00	3	4	4	2	4	4	3.50
41	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	4	4	3.83
42	4	3	3	3	3.25	3	3	4	3	3	3	3.17
43	4	3	3	4	3.50	3	3	4	3	2	2	2.83
44	3	3	3	3	3.00	3	3	3	3	2	3	2.83
45	4	3	4	4	3.75	4	3	4	4	4	5	4.00
46	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	4	4	3.83
47	4	3	3	4	3.50	4	4	4	4	4	4	4.00
48	5	5	5	5	5.00	4	4	3	4	4	4	3.83
49	4	3	3	4	3.50	2	4	3	3	2	2	2.67
50	4	3	4	4	3.75	2	4	3	3	4	5	3.50
51	4	4	5	4	4.25	4	2	4	2	4	2	3.00
52	4	3	3	4	3.50	4	4	4	4	4	4	4.00
53	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	4	4	3.83
54	4	4	4	4	4.00	4	3	4	3	4	4	3.67
55	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00
56	4	3	3	4	3.50	2	4	3	3	2	2	2.67
57	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
58	3	4	4	4	3.75	4	4	4	4	4	4	4.00
59	4	4	4	4	4.00	1	3	3	3	3	3	2.67
60	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67
61	4	4	4	4	4.00	3	4	4	2	4	4	3.50
62	4	3	4	4	3.75	4	4	3	4	3	4	3.67
63	4	4	4	4	4.00	3	4	4	4	5	5	4.17
64	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67
65	4	3	4	4	3.75	4	3	4	4	4	5	4.00
66	4	3	3	4	3.50	2	3	3	3	2	2	2.50
67	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3	4	3.17
68	5	5	5	5	5.00	4	4	3	4	4	4	3.83

No.	Data Variabel Kinerja Pemeliharaan											
	y1.1	y1.2	y1.3	y1.4	Y.1	y2.1	y2.2	y2.3	y2.4	y2.5	y2.6	Y.2
69	5	5	4	5	4.75	4	4	4	3	5	5	4.17
70	4	4	4	4	4.00	3	3	4	2	4	3	3.17
71	4	4	5	4	4.25	4	2	4	2	4	2	3.00
72	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3	4	3.17
73	4	3	3	4	3.50	2	4	3	3	2	2	2.67
74	4	4	4	4	4.00	4	3	4	3	4	4	3.67
75	4	4	4	4	4.00	2	3	3	3	4	4	3.17
76	4	4	5	4	4.25	4	4	4	2	4	2	3.33
77	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
78	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4	4.00
79	5	4	4	3	4.00	4	4	5	2	4	4	3.83
80	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67
81	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67
82	4	4	4	4	4.00	3	3	4	4	4	4	3.67
83	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
84	4	4	4	4	4.00	3	4	4	3	3	3	3.33
85	5	5	5	5	5.00	3	3	4	3	3	3	3.17
86	4	3	3	4	3.50	2	3	3	3	2	2	2.50
87	4	3	3	3	3.25	2	1	3	2	2	2	2.00
88	4	4	4	4	4.00	4	4	4	3	4	4	3.83
89	5	5	5	5	5.00	4	4	4	3	5	5	4.17
90	4	4	4	4	4.00	2	3	3	3	4	4	3.17
91	4	3	3	4	3.50	2	3	3	3	2	2	2.50
92	3	3	3	4	3.25	3	3	3	3	3	4	3.17
93	3	3	4	3	3.25	3	3	3	3	3	3	3.00
94	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4	4.00
95	4	4	4	4	4.00	2	3	3	3	4	4	3.17
96	5	5	5	5	5.00	4	4	4	3	5	5	4.17
97	4	4	4	4	4.00	3	3	3	3	4	4	3.33
98	3	3	3	4	3.25	4	4	4	4	4	4	4.00
99	3	2	2	3	2.50	4	4	3	3	4	3	3.50
100	4	4	4	4	4.00	3	4	4	3	3	3	3.33
101	3	3	3	3	3.00	3	3	2	3	2	3	2.67

Sumber : Data diolah

**4.2. Analisis Deskripsi Variabel**

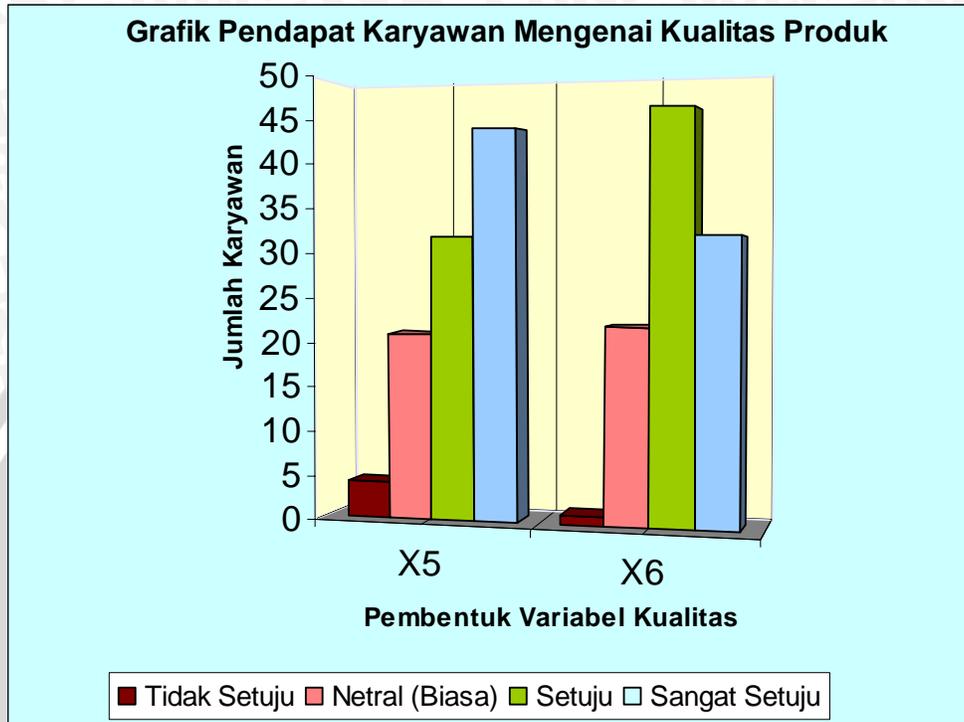
Secara kuantitatif, dari data wawancara dan kuisioner di atas dapat diperoleh deskripsi awal mengenai kinerja pemeliharaan, produktivitas dan kualitas produk dari perusahaan PT. PJB UP Gresik. Gambar 4.1. dibawah ini menunjukkan pendapat karyawan mengenai "Produktivitas" PT PJB UP Gresik.



Gambar 4.1. Grafik pendapat karyawan mengenai produktivitas  
Sumber : Data diolah

Menurut Grafik di atas, hampir seluruh karyawan yang menjadi responden "setuju" akan tingkat produktivitas karyawan dan tingkat nilai tambah karyawan cukup baik, juga dapat dilihat bahwa secara umum karyawan PT PJB UP Gresik menyatakan "setuju" bahwa produktivitas PT PJB UP Gresik cukup baik Meskipun, sebanyak 41 karyawan menyatakan "Biasa (Netral)" terhadap produktivitas tingkat operasi pembangkit, serta 23 karyawan menyatakan "Biasa (Netral)" dan 8 karyawan menyatakan "Tidak Setuju" terhadap produktivitas (rendahnya tingkat kerusakan) pembangkit.

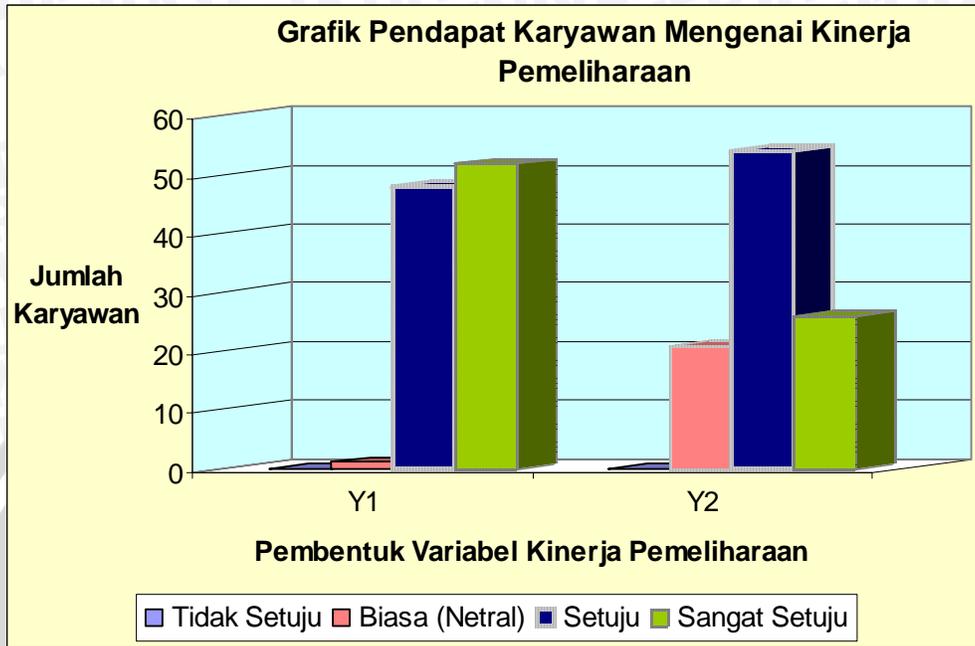
Gambar 4.2. dibawah ini menunjukkan pendapat karyawan mengenai "Kualitas Produk" yang dihasilkan PT PJB UP Gresik.



Gambar 4.2. Grafik pendapat karyawan mengenai kualitas produk  
 Sumber : Data diolah

Menurut Grafik di atas, dapat dilihat bahwa secara umum karyawan PT PJB UP Gresik menyatakan "setuju" bahwa kualitas produk listrik yang dihasilkan PT. PJB UP Gresik cukup baik. Meskipun sebanyak 21 karyawan menyatakan "Biasa (Netral)" dan 4 karyawan menyatakan "Tidak Setuju" terhadap produktivitas (rendahnya) tingkat cacat proses, serta sebanyak 22 karyawan menyatakan "Biasa (Netral)" dan 1 karyawan menyatakan "Tidak Setuju" terhadap produktivitas (rendahnya) tingkat cacat produk yang dilakukan PT PJB UP Gresik.

Grafik 4.3 dibawah ini menunjukkan pendapat karyawan mengenai ”Kinerja Pemeliharaan” yang telah dilakukan PT. PJB UP Gresik.



Gambar 4.3. Grafik pendapat karyawan mengenai kinerja pemeliharaan  
 Sumber : Data diolah

Menurut Grafik di atas, seluruh karyawan yang menjadi responden ”setuju” akan tingkat jumlah produksi yang dilakukan PT PJB UP Gresik cukup tinggi, juga dapat dilihat bahwa secara umum karyawan PT PJB UP Gresik menyatakan ”setuju” bahwa kinerja pemeliharaan PT PJB UP Gresik cukup baik. Meskipun, sebanyak 21 karyawan menyatakan ”Biasa (Netral)” terhadap tingkat kualitas pemeliharaan yang dilakukan PT. PJB UP Gresik.

### 4.3. Pengolahan Data

#### 4.3.1. Perhitungan Kinerja Pemeliharaan Metode RCM (Overall Maintenance Result)

Indikator ini menunjukkan bahwa pemeliharaan yang dilakukan menjamin terjaganya produktivitas asset dan menghasilkan produk berkualitas. Hal ini terdiri dari beberapa pengukuran:

##### 1. Availability

Availability merupakan persentase dari waktu yang tersedia dari asset untuk berproduksi. setelah dikurangi seluruh waktu downtime dari asset baik terjadwal maupun downtime yang tidak terjadwal. Untuk melakukan perhitungan tersebut diperoleh rumus:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Total Time} - \text{Downtime}}{\text{Total Time}}$$

Waktu tunggu yang disebabkan kekurangan permintaan produk tidak mengurangi dari total waktu yang tersedia. Oleh karena itu, asset dianggap "tersedia" meskipun tidak ada produksi yang diminta.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), perhitungan availability instalasi tersebut seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Availability (PLTGU Blok 1)} &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (861,53)}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})} \\ &= 0,90165 \times 100\% \\ &= 90,165 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Availability (PLTGU Blok 2)} &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (733,9)}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})} \\ &= 0,91622 \times 100\% \\ &= 91,622 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Availability (PLTGU Blok 3)} &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (853,72)}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})} \\ &= 0,9025 \times 100\% \\ &= 90,25 \% \end{aligned}$$

## 2. Mean Time to Failure (MTTF)

Mean Time to Failure menunjukkan berapa lama sebuah instalasi diharapkan untuk terus beroperasi sampai instalasi tersebut mengalami kerusakan yang menyebabkan terhentinya operasi instalasi tersebut. Pengukuran ini menunjukkan waktu rata-rata, dan biasanya digunakan untuk menentukan kondisi *batch* atau *lot* dapat diproduksi tanpa mengalami gangguan. Misalnya, sebuah instalasi diperkirakan beroperasi dalam waktu rata-rata 647 jam dari kegagalan sebelumnya.

$$\text{Mean Time to Failure} = \frac{\text{Total Time} - \text{Downtime} - \text{Nonutilized time}}{\text{Number of Breakdowns}}$$

Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), perhitungan Mean time to Failure instalasi tersebut adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Failure (PLTGU Blok 1)} &= \\ &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (861,53 \text{ jam}) - (364,12 \text{ jam})}{10 \text{ kegagalan}} \\ &= 753,435 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Failure (PLTGU Blok 2)} &= \\ &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (733,9 \text{ jam}) - (2587,28 \text{ jam})}{4 \text{ kegagalan}} \\ &= 1359,705 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Failure (PLTGU Blok 3)} &= \\ &= \frac{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (853,72 \text{ jam}) - (155,21 \text{ jam})}{4 \text{ kegagalan}} \\ &= 1937,7675 \text{ jam} \end{aligned}$$

## 3. Failure frequency ataupun breakdown frequency

Breakdown frequency merupakan pengukuran probabilitas seberapa sering asset tersebut diharapkan gagal.

$$\text{Breakdown frequency} = \frac{\text{Number of breakdowns}}{\text{Totaltime} - \text{Downtime} - \text{Nonutilized time}}$$

Pengukuran ini membantu untuk menyatakan kemungkinan dari kerusakan yang dialami instalasi sampai periode yang akan datang. Sebagai contoh, untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok1, perhitungan Failure Frequency instalasi tersebut seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Frequency (PLTGU Blok 1)} &= \frac{10 \text{ kegagalan}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (861,53) - (364,12)} \\ &= 1,327 \times 10^{-3} \times 100\% \\ &= 0,1327 \% \text{ kegagalan per jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Frequency (PLTGU Blok 2)} &= \frac{4 \text{ kegagalan}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (733,9) - (2587,28)} \\ &= 7,354 \times 10^{-4} \times 100\% \\ &= 0,07354 \% \text{ kegagalan per jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Frequency (PLTGU Blok 3)} &= \frac{4 \text{ kegagalan}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (853,72) - (155,21)} \\ &= 5,161 \times 10^{-4} \times 100\% \\ &= 0,05161 \% \text{ kegagalan per jam} \end{aligned}$$

Misalnya ketika Production Rate = 347,98 MW/jam

Maka probabilitas dari kegagalan PLTGU Blok 1 sampai produksi 100.000 MW adalah:

$$0,1327\% \times \frac{100000}{347,98} = 38,13\%$$

#### 4. Mean Time to Repair (MTTR)

Mean Time to Repair merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki gangguan dan asset tersebut kembali beroperasi. Waktu ini meliputi waktu untuk mendiagnosa kegagalan, waktu perbaikan, waktu menunggu (spare part atau peralatan) dan waktu yang dibutuhkan untuk test. Serta waktu ini menunjukkan seberapa baik perusahaan merespon dari setiap gangguan yang terjadi.

$$\text{Mean Time to Repair} = \frac{\text{Unscheduled downtime}}{\text{Number of Breakdowns}}$$

Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1, perhitungan Mean Time to Repair instalasi tersebut seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Repair (PLTGU Blok 1)} &= \frac{28,50 \text{ jam}}{10 \text{ kegagalan}} \\ &= 2,85 \text{ jam per kegagalan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Repair (PLTGU Blok 2)} &= \frac{23,63 \text{ jam}}{4 \text{ kegagalan}} \\ &= 5,905 \text{ jam per kegagalan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean Time to Repair (PLTGU Blok 3)} &= \frac{9,73 \text{ jam}}{4 \text{ kegagalan}} \\ &= 2,4325 \text{ jam} \end{aligned}$$

## 5. Production Rate Index

Production Rate Index merupakan ukuran yang menyatakan dampak pemeliharaan terhadap efektivitas asset, sama seperti pengukuran sebelumnya yang mengharuskan untuk menginterpretasi hasilnya secara hati-hati.

$$\text{Production Rate Index} = \frac{\text{Production rate (Units/hour)}}{\text{Total Time - Downtime - Nonutilized time}}$$

Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) blok 1, perhitungan Production Rate Index instalasi tersebut seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Production Rate Index (PLTGU blok 1)} &= \frac{2.621.680 \text{ MW} / 7.534 \text{ jam}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (861,53 \text{ jam}) - (364,12 \text{ jam})} \\ &= 0,0462 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Production Rate Index (PLTGU blok 2)} &= \frac{1.503.550 \text{ MW} / 5.439 \text{ jam}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (733,9 \text{ jam}) - (2587,28 \text{ jam})} \\ &= 0,0508 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Production Rate Index (PLTGU blok 2)} &= \frac{2.868.860 \text{ MW} / 7.751 \text{ jam}}{(365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) - (853,72 \text{ jam}) - (155,21 \text{ jam})} \\ &= 0,0478 \end{aligned}$$

### 4.3.2. Pengukuran Hubungan antara Kinerja Pemeliharaan metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas

#### 4.3.2.1. Pengolahan Data dengan *Structural Equation Modeling* (SEM)

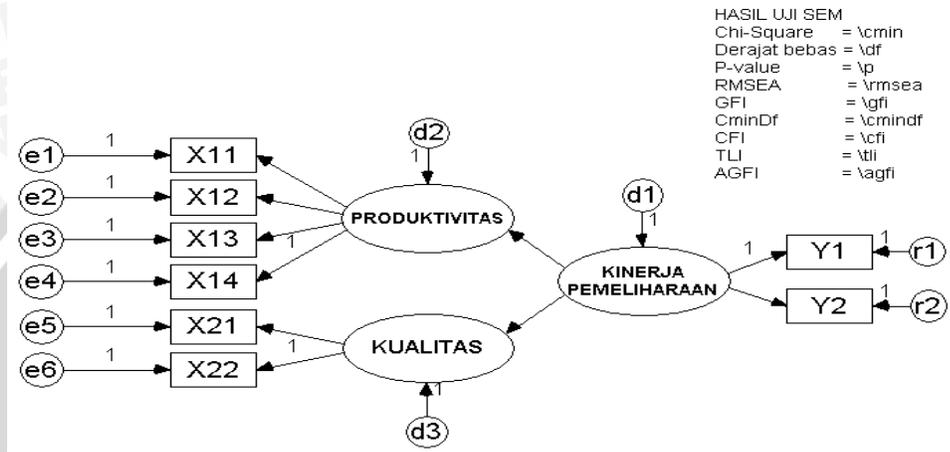
Setelah dilakukan teknik analisis dan diketahui bahwa data yang diperoleh telah memenuhi ketentuan-ketentuan yang diharapkan oleh SEM, selanjutnya dibentuk diagram path dan dikonversikan ke model struktural dengan menggunakan *software*

AMOS 4.01, sehingga didapat tabel perbandingan antara indikator *goodness of fit* yang disyaratkan dengan *goodness of fit* model penelitian.

- Langkah-langkah pemodelan SEM

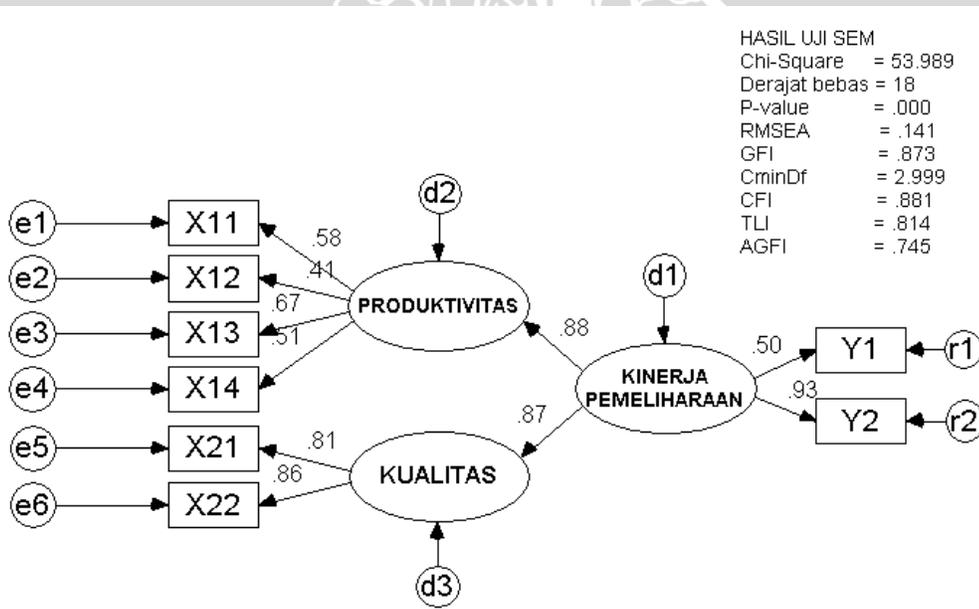
Pada dasarnya sebuah pemodelan SEM yang lengkap terdiri dari Measurement Model dan Structural Model, dimana langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan model teoritis



Gambar 4.4. Model Struktural Penelitian dengan analisis SEM  
 Sumber : Data diolah dengan AMOS

2. Pengembangan diagram alur (path diagram) untuk menunjukkan hubungan kausalitas. Pada langkah kedua, model teoritis yang telah dibangun pada langkah pertama akan digambarkan dalam sebuah path diagram (**standardize**) di bawah ini:



Gambar 4.2. Model Struktural dengan Standardize Hasil Analisis dengan SEM  
 Sumber : Data diolah dengan AMOS 4.01

3. Konversi diagram alur ke dalam serangkaian persamaan struktural dan spesifikasi model pengukuran.

Persamaan untuk *Measurement Model* dari **salah satu konstruk** dalam gambar di atas adalah sebagai berikut, dibawah ini merupakan contoh persamaan model dari variabel produktivitas.

$$\text{PRODUKTIVITAS} = \lambda_{11} X_{11} + E_1$$

$$\text{Produktivitas} = \lambda_{12} X_{12} + e_2$$

$$\text{Produktivitas} = \lambda_{13} X_{13} + e_3$$

Dst.

Dimana:  $\lambda$  = Loading Factor dan  $r$  = Error

( $\epsilon$ )

Bila digambarkan dalam model untuk diuji unidimensionalitasnya melalui *confirmatory factor analysis*, model pengukuran konstruk eksogen di atas akan nampak sebagaimana gambar di hasil pengembangan model yang baru di atas. Sedangkan untuk pengujian regression weight dari konstruk di atas dapat dilihat pada tabel 4.10. di bawah ini:

Tabel 4.10 Hasil pengujian *Regression Weights*

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Keputusan
Kualitas Produk	<--	Kinerja_Pemeliharaan	2.018	0.428	4.720	0.000	signifikan
Produktivitas	<--	Kinerja_Pemeliharaan	0.665	0.180	3.704	0.000	signifikan
X14	<--	Produktivitas	1.000				
X13	<--	Produktivitas	2.034	0.485	4.192	0.000	signifikan
X12	<--	Produktivitas	1.186	0.404	2.938	0.003	signifikan
X11	<--	Produktivitas	1.525	0.383	3.983	0.000	signifikan
Y1	<--	Kinerja_Pemeliharaan	1.000				
Y2	<--	Kinerja_Pemeliharaan	1.948	0.375	5.196	0.000	signifikan
X22	<--	Kualitas	1.000				
X21	<--	Kualitas	1.065	0.120	8.849	0.000	signifikan

Estimate = faktor loading

Sumber: Hasil analisis SEM dengan AMOS 4.01

**4.3.2.2. Uji Goodness of fit**

Berdasarkan model di atas sebelum direvisi, Tabel 4.11. di bawah ini menunjukkan uji Goodness of fit terhadap model sehingga didapatkan indeks-indeks sebagaimana ditunjukkan tabel 4.11. sebagai berikut:

Tabel 4.11. Goodness of fit Indices

GOODNESS OF FIT INDEX	CUT-OFF VALUE	HASIL MODEL	KETERANGAN
$\chi^2$ -Chi Square		53.989	Diharapkan nilainya kecil
df		18	
$\chi^2$ -Significance Probability (P-Value)	$\geq 0.05$	0.000	jelek
RMSEA	$\leq 0.08$	0.141	jelek
GFI	$\geq 0.90$	0.873	jelek
CMIN/DF	$\leq 2.00$	2.999	jelek
CFI	$\geq 0.94$	0.881	jelek
TLI	$\geq 0.95$	0.814	jelek
AGFI	$\geq 0.90$	0.745	jelek

Sumber: Data awal diolah

Karena kriteria goodness of fit semua belum terpenuhi, maka perlu dilakukan modifikasi terhadap model konseptual yang dikonfirmasi.

**4.3.2.3. Indeks Modifikasi:**

Indeks modifikasi merupakan pengolahan data awal agar dihasilkan model konseptual yang memenuhi kriteria goodness of fit indices, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara statistika. Tabel 4.12 dibawah ini ini menunjukkan hasil indeks modifikasi sebagai berikut:

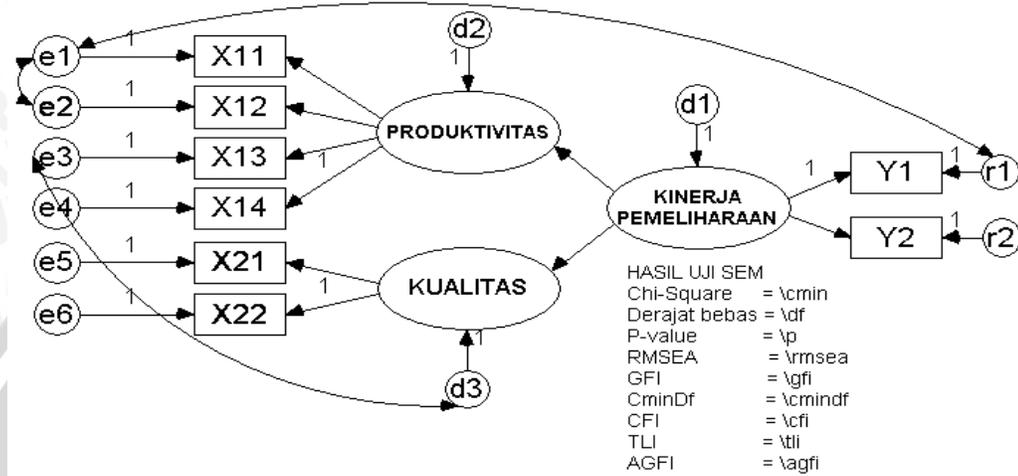
Tabel 4.12. Indeks Modifikasi

Modification Indices				Variances: Regression Weights:		M.I. M.I.	Par Change Par Change
Covariances:		M.I.	Par Change	Y1 <-- X11	6.545	0.229	
e1 <--> d3	6.468	-0.05	Y1 <-- X13	4.374	-0.161		
e1 <--> r1	10.864	0.068	X11 <-- Y1	8.791	0.249		
e2 <--> d3	4.927	0.052	X11 <-- X12	5.614	-0.183		
e2 <--> e1	6.996	-0.063	X11 <-- X14	4.677	0.245		
e3 <--> d3	7.857	0.06	X12 <-- X11	4.155	-0.21		
e3 <--> r1	9.675	-0.071	X13 <-- Y1	7.068	-0.246		
e4 <--> e1	6.714	0.04	X14 <-- X11	4.002	0.135		

Sumber : Data diolah dengan AMOS

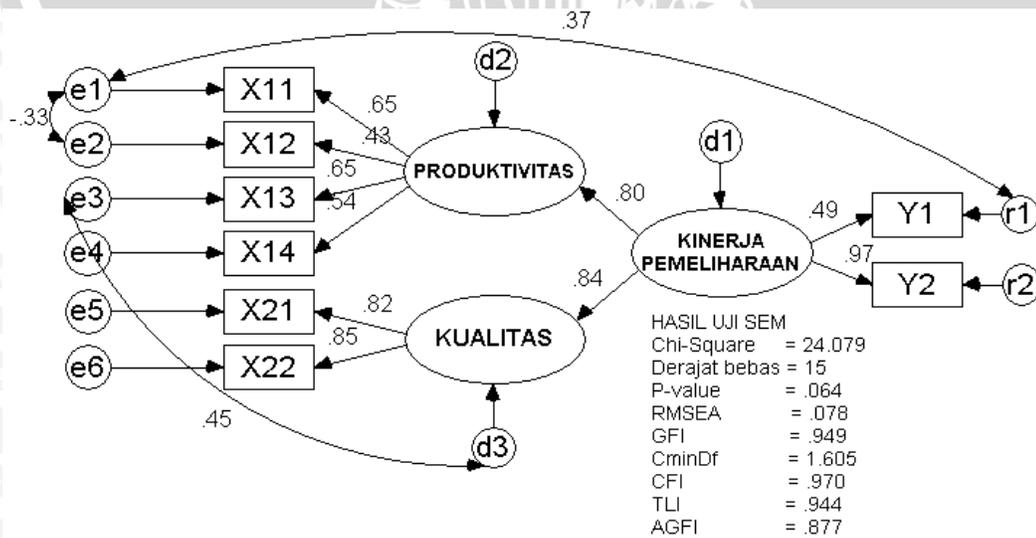
4.3.2.4. Hasil dari Modifikasi Model

Setelah model awal dilakukan modifikasi konstruksi (direvisi), kemudian diperoleh hasil analisis SEM yang baru, yang secara *parsimony* (Solimun, Structural Equation Modeling (SEM) Aplikasi Software AMOS, 2004) telah memenuhi kriteria, sebagaimana gambar 4.6. di bawah ini:



Gambar 4.6. Model Struktural Hasil Modifikasi Dengan SEM  
 Sumber : Data diolah dengan AMOS 4.01

Kemudian dari model struktural diatas, dilakukan pengembangan diagram alur (path diagram) untuk menunjukkan hubungan kausalitas. Pada langkah kedua, model teoritis yang telah dibangun pada langkah pertama akan digambarkan dalam sebuah path diagram (**standardize**). Gambar 4.7. dibawah ini merupakan hasil perhitungan (*calculate estimates*) **standardize**.



Gambar 4.7. Hasil Estimasi Model Struktural Modifikasi Dengan SEM  
 Sumber : Data diolah dengan AMOS 4.01

#### 4.3.2.5. Uji Goodness of fit Indices Model Struktural Modifikasi dengan SEM

Berdasarkan model di atas, Tabel 4.13. di bawah ini menunjukkan uji Goodness of fit terhadap model sehingga didapatkan indeks-indeks sebagai berikut:

**Tabel 4.13. Goodness of fit Indices**

GOODNESS OF FIT INDEX	CUT-OFF VALUE	HASIL MODEL	KETERANGAN
$\chi^2$ -Chi Square		24.079	Diharapkan nilainya kecil
df		15	
$\chi^2$ -Significance Probability (P-Value)	$\geq 0.05$	0.064	Baik
RMSEA	$\leq 0.08$	0.078	Baik
GFI	$\geq 0.90$	0.949	Baik
CMIN/DF	$\leq 2.00$	1.605	Baik
CFI	$\geq 0.94$	0.970	marginal
TLI	$\geq 0.95$	0.944	Baik
AGFI	$\geq 0.90$	0.877	Baik

**Keterangan: marginal =hampir mendekati nilai cut off point**

Sumber : Data diolah

Dengan demikian, menurut tabel 4.13. di atas menunjukkan bahwa uji kesesuaian model ini menghasilkan sebuah tingkat penerimaan yang baik. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hipotesa yang menyatakan bahwa indikator-indikator itu merupakan dimensi acuan yang sama (*underlying dimension*) bagi konstruk-konstruk yang ada (pengaruh produktivitas dan kualitas terhadap kinerja pemeliharaan) sehingga “model” dapat diterima atau layak untuk digunakan.

#### 4.3.3. Evaluasi atas Beberapa Asumsi-Asumsi SEM

##### 4.3.3.1. Evaluasi atas Model Struktural SEM

##### 1. Evaluasi atas adanya *Multicollinearity* dan *Singularity*

Untuk melihat adanya *multicollinearity* atau *singularity* dalam sebuah kombinasi variabel, maka perlu diamati determinan matriks kovariansnya.

$$\text{Determinant of sample covariance matrix} = 4.7983 \times 10^{-6}$$

Angka di atas relatif tidak terlalu kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya multikolinearitas atau singularitas dalam data ini masih dapat ditolerir. Oleh karena itu asumsi ini terpenuhi.

## 2. Uji Reliabilitas dan Unidimensionalitas

Setelah menguji kesesuaian model (model fit), evaluasi lain yang harus dilakukan adalah penilaian unidimensionalitas dan reliabilitas.

*Uji Reliabilitas* merupakan ukuran mengenai konsistensi internal dari indikator-indikator sebuah konstruk yang menunjukkan derajat sampai dimana masing-masing indikator itu mengindikasikan sebuah konstruk/faktor laten yang umum. Dengan kata lain bagaimana hal-hal yang spesifik saling membantu dalam menjelaskan sebuah fenomena yang umum. Tabel 4.14. dibawah ini menunjukkan perhitungan reliabilitas untuk model struktur SEM setiap indikator (internal).

Tabel 4.14. Hasil perhitungan Reliabilitasnya (internal) setiap indikator.

Squared Multiple Correlations (Revisi)			
	Estimate	Reliabilitas	Keputusan
Kinerja Pemeliharaan	0.000	1.000	Reliabel
Kualitas Produk	0.698	0.513	Reliabel
Produktivitas	0.641	0.589	Reliabel
X21	0.666	0.556	Reliabel
X22	0.729	0.469	Reliabel
Y2	0.948	0.101	Tidak reliabel
Y1	0.236	0.944	Reliabel
X11	0.428	0.817	Reliabel
X12	0.186	0.965	Reliabel
X13	0.427	0.818	Reliabel
X14	0.288	0.917	Reliabel

$R_{tabel} (5\%, 101) = 0.1946$

Sumber : Data diolah

Hasil perhitungan menunjukkan nilai reliabilitas yang sangat bervariasi. Jika berpegang pada teori, maka hanya yang mempunyai nilai reliabilitas  $> R_{tabel}$  (Santoso, Statistika Parametrik, 270:2004) yang dapat dianggap reliabel (reliabilitas konsistensi internal). Variabel kualitas pemeliharaan (Y2) dianggap tidak reliabel karena memiliki nilai reliabilitas  $< R_{tabel}$  (Santoso, Statistika Parametrik, 270:2004) dan juga melihat dari indeks reliabilitas (Arikunto, 1993), maka variabel Y2 yang memiliki nilai reliabilitas sebesar 0,101 dikatakan memiliki reliabilitas yang sangat rendah. Sehingga variabel kualitas pemeliharaan (Y2) dianggap tidak reliabel.

Arikunto (1993) menentukan kriteria indeks reliabilitas adalah sebagai mana ditunjukkan tabel 4.15. dibawah ini:

Tabel 4.15. Kriteria Indeks Koefisien Reliabilitas

No	Interval	Kriteria
1	< 0,200	Sangat rendah
2	0,200 – 0,399	Rendah
3	0,400 – 0,599	Cukup
4	0,600 – 0,799	Tinggi
5	0,800 – 1,00	Sangat tinggi

Sumber : Arikunto, 1993

Namun dengan prinsip parsimony kembali, karena uji kelayakan model pada goodness of fit sudah layak maka hal ini dapat dianggap sebagai salah satu efek dari adanya beberapa modifikasi yang telah dilakukan tersebut. Bahkan menurut Ferdinand (Structural Equation Modeling Dalam Penelitian Manajemen: Aplikasi Model-model Rumit Dalam Penelitian Untuk Tesis Magister dan Disertasi Doktor, 63:2002) dikatakan bahwa untuk penelitian yang bersifat eksploratori, maka nilai reliabilitas di bawah 0.7 pun masih dapat diterima sepanjang disertai dengan alasan-alasan empirik yang terlihat dalam proses eksplorasi.

Jadi, dengan melihat ukuran reliabilitas di atas yang sebagian besar berada di atas nilai yang direkomendasikan, maka dapat disimpulkan bahwa indikator-indikator yang digunakan adalah reliabel (handal) dalam menilai sebuah model pengukuran (measurement model) serta dianggap telah mewakili secara baik konstruk yang dikembangkan.

*Unidimensionalitas* adalah sebuah asumsi yang digunakan dalam menghitung reliabilitas dari model yang menunjukkan bahwa dalam sebuah model satu dimensi, indikator-indikator yang digunakan memiliki derajat kesesuaian yang baik.

Pengukuran indikator unidimensionalitas diperoleh dari pengukuran yang disebut *Fit Measures* ditunjukkan pada tabel 4.16. di bawah ini:

Tabel 4.16. Fit Measures

	GFI
Default model	0.949
Saturated	1.0000

Sumber : Data diolah

Ketentuan:

Jika index GFI  $\geq 0.90$  menunjukkan bahwa tidak ada unidimensionalitas.

- Default Model merupakan *baseline* model dari model yang dianalisis.
- Saturated Model = full atau perfect model. Dalam model ini tidak ada constraints yang ditempatkan dalam moments populasi.
- *Independence Model = poor fit*. Dalam model ini semua variabel yang diobservasi diasumsikan tidak berkorelasi satu sama yang lainnya.

Dari hasil Fit Measurement di atas diperoleh nilai GFI sebesar 0.949 yang lebih besar dari nilai cut off point 0.90, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi unidimensionalitas pada masing-masing konstruk.

### 3. Uji Validitas (Analisis Validitas konvergen)

Uji validitas merupakan ukuran sampai seberapa jauh perubahan pendekatan terhadap konstruk yang digunakan menghasilkan hasil akhir yang sama. Uji validitas ditunjukkan dari nilai Standardized Regression Weights di tabel 4.17. di bawah ini:

Tabel 4.17. Nilai koefisien *Standardized Regression Weights*

			Estimate	S.E.	2 x SE	C.R.	P	Ketrg
Kualitas Produk	<--	Kinerja Pemeliharaan	1.962	0.413	0.826	4.752	0.000	Valid
Produktivitas	<--	Kinerja Pemeliharaan	0.657	0.174	0.348	3.766	0.000	Valid
X14	<--	Produktivitas	1.000					
X13	<--	Produktivitas	1.877	0.422	0.844	4.451	0.000	Valid
X12	<--	Produktivitas	1.182	0.376	0.752	3.141	0.002	Valid
X11	<--	Produktivitas	1.626	0.364	0.728	4.461	0.000	Valid
Y1	<--	Kinerja Pemeliharaan	1.000					
Y2	<--	Kinerja Pemeliharaan	2.088	0.423	0.846	4.941	0.000	Valid
X22	<--	Kualitas	1.000					
X21	<--	Kualitas	1.075	0.117	0.234	9.161	0.000	Valid

Ketentuan:

**Valid secara konvergen, jika  $C.R \geq 2 \times S.E$  (tanpa memandang nilai negatif atau positif).**

Sumber : Data diolah

Dari hasil analisis pada output *Regression weights* terhadap model revisi (hasilnya ada di tabel *regression weights* di atas), tidak ada hubungan antar konstruk yang tidak memenuhi syarat validitas konvergen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh konstruk variabel adalah valid konvergen.

#### 4.3.3.2. Evaluasi Data yang Diperoleh

##### 1. Uji Kecukupan Data

Menurut Hair dkk, mengemukakan bahwa ukuran sampel yang sesuai adalah antara 100-200. Atau ukuran sampel minimum yang disarankan oleh Hair dkk adalah sebanyak 5 observasi untuk setiap *estimated parameter*-nya. Dengan demikian bila *estimated parameter*-nya berjumlah 20, maka jumlah sampel minimum adalah 100. Sedangkan dalam penelitian ini terdapat 8 *estimated parameter* dan jumlah sampel (*responden*) yang diambil sebanyak 101, jadi dapat dikatakan bahwa uji kecukupan data telah terpenuhi.

##### 2. Uji Normalitas

Dalam penelitian ini uji normalitas dilakukan dengan menggunakan fasilitas *test for normality and outliers* yang tersedia dalam program *Analysis of Moment Structure 4.01* (AMOS 4.01). Sebaran data harus dianalisa untuk melihat apakah asumsi normalitas dipenuhi sehingga data dapat diolah lebih lanjut untuk pemodelan SEM ini.

Normalitas dapat diuji dengan melihat histogram data atau dapat diuji dengan metode-metode statistik. Uji normalitas ini perlu dilakukan baik untuk normalitas terhadap data tunggal maupun normalitas multivarian dimana beberapa variabel digunakan sekaligus dalam analisis akhir. Nilai statistik untuk menguji normalitas adalah *critical ratio* (c.r.). Bila nilainya lebih besar dari nilai kritis maka dapat ditentukan berdasarkan tingkat signifikansi yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan tingkat signifikansi 0,01 (1%) dengan nilai kritisnya adalah  $\pm 2,58$ . Sehingga syarat yang harus dipenuhi agar kondisi masing-masing distribusi data mengikuti sebaran normal adalah harus didapat  $c.r. \leq \pm 2,58$ .

Untuk mengetahui evaluasi atas dipenuhinya asumsi normalitas dalam data, ditunjukkan pada tabel 4.18. di bawah ini:

Tabel 4.18. Evaluasi atas dipenuhinya asumsi normalitas dalam data

Assessment of normality						
	min	max	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
X21	1.500	5.000	-0.487	-1.996	-0.162	-0.332
X22	1.500	4.750	-0.350	-1.434	-0.598	-1.227
Y2	2.000	4.500	-0.324	-1.328	-0.704	-1.444
Y1	2.500	5.000	0.405	1.661	0.223	0.457
X11	3.000	5.000	0.387	1.588	-0.255	-0.522
X12	2.000	4.250	0.117	0.478	-1.110	-2.278
X13	1.500	4.000	-0.567	-2.327	-0.188	-0.385
X14	2.600	4.600	0.140	0.575	-0.129	-0.265
Multivariate					22.041	8.756

Sumber : Data diolah

Ketentuannya:

Bila nilai pada kolom C.r. ada yang lebih besar dari  $\pm 2.58$ , maka dapat dikatakan bahwa distribusi data tersebut tidak normal. Dari hasil analisis normality di atas diketahui bahwa tidak ada variabel yang mempunyai nilai C.r. yang lebih besar dari  $\pm 2.58$ . Dengan demikian, secara keseluruhan data masih dapat dikatakan normal dan dapat digunakan untuk melakukan analisis SEM lebih lanjut.

### 3. Evaluasi atas outlier

Menurut Hair et al. dalam Ferdinand (2000:94) *outlier* merupakan data atau observasi yang memiliki karakteristik unik yang terlihat sangat berbeda jauh dari observasi-observasi yang lainnya dan muncul sebagai nilai ekstrim baik dalam bentuk variabel tunggal atau variabel kombinasi. *Outlier* dapat dievaluasi dengan dua cara, yaitu evaluasi terhadap *univariate outlier* dan terhadap *multivariate outlier*.

#### a. Univariate outlier

Deteksi terhadap adanya outlier univariat dapat dilakukan dengan menentukan nilai ambang batas yang akan dikategorikan sebagai outlier dengan cara mengkonversikan nilai data penelitian ke dalam standar score (z-score), yang mempunyai rata-rata nol dengan standar deviasi = satu. Bila nilai-nilai itu telah dinyatakan dalam format yang standar (z-score), maka perbandingan antar besaran nilai dengan mudah dapat dilakukan. Observasi yang mempunyai z-score  $\geq 3.0$  dapat dikategorikan sebagai outlier. Atau dengan pemeriksaan secara kasar dapat dilakukan

dengan membandingkan antara nilai rata-rata (mean) dengan standar deviasi, jika nilai rata-rata (mean) lebih kecil dari nilai standar deviasi, maka dapat dijadikan indikator adanya outlier dalam observasi. Tabel 4.19. merupakan deskripsi statistik dari data yang diperoleh.

Tabel 4.19. Deskripsi Statistik Data

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X11	101	3.00	5.00	3.8591	.5214
X12	101	2.00	4.25	3.0668	.5776
X13	101	1.50	4.00	3.1510	.6063
X14	101	2.60	4.60	3.8535	.3928
X21	101	1.50	5.00	3.4950	.7969
X22	101	1.50	4.75	3.4406	.7090
Y1	101	2.50	5.00	3.7847	.5304
Y2	101	2.00	4.50	3.3894	.5505
Valid N (listwise)	101				

Sumber : Data diolah

**Keputusan:**

Karena tidak ada nilai rata-rata (mean) yang lebih kecil dari nilai standar deviasi, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada outlier dalam observasi.

**b.Multivariate Outlier**

Uji Mahalanobis distance dengan menggunakan regresi di SPSS, berdasarkan nilai Chi-Square untuk 15 variabel konstruk pada tingkat signifikansi 0.01% atau  $\chi^2$  (15, 0.01%). Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.20. berikut ini:

Tabel 4 18 Residual Statistik

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	24.1229	71.4782	51.0000	9.3608	101
Std. Predicted Value	-2.871	2.188	.000	1.000	101
Standard Error of Predicted Value	4.6496	15.4151	8.2420	2.6082	101
Adjusted Predicted Value	23.7471	71.5438	50.8409	9.7574	101
Residual	-54.0095	51.4057	4.594E-14	27.7647	101
Std. Residual	-1.866	1.776	.000	.959	101
Stud. Residual	-1.900	1.830	.003	1.000	101
Deleted Residual	-55.9885	54.9562	.1591	30.2501	101
Stud. Deleted Residual	-1.928	1.854	.002	1.006	101
Mahal. Distance	1.590	27.369	7.921	6.010	101
Cook's Distance	.000	.085	.010	.014	101
Centered Leverage Value	.016	.274	.079	.060	101

a. Dependent Variable: Responden

Sumber : Data diolah

Nampak dalam tabel di atas “ Mahal.Distance” adalah paling rendah 1.590 dan tertinggi 27.369 (lebih kecil dari chi-square table 30.578), yang menunjukkan bahwa

tidak ada responden yang termasuk outlier multivariat, sehingga bisa dilakukan interpretasi terhadap hasil pengujian lebih lanjut.

### 4.3.2.3. Pengujian Hipotesis

#### 4.3.2.3.1. Uji Kausalitas

Pengujian pengaruh Kinerja Pemeliharaan metode RCM dengan Produktivitas dan Kualitas Produk dilakukan dengan uji kausalitas menggunakan AMOS 4.01. Uji kedua yang dapat dilakukan adalah uji terhadap bobot dari masing-masing indikator yang dianalisis. Uji ini dilakukan sama dengan uji t terhadap *regression weight* atau *loading factor* atau koefisien lambda ( $\lambda$  coefficient) seperti yang disajikan dalam tabel 4.21. berikut:

Tabel 4.21. *Regression Weight (Loading Factor) Measurement Model*

Regression Weights		Estimate	S.E.	C.R.	P	Keputusan
Kualitas Produk	<-- Kinerja_Pemeliharaan	1.962	0.413	4.752	0.000	signifikan
Produktivitas X14	<-- Kinerja_Pemeliharaan	0.657	0.174	3.766	0.000	signifikan
X13	<-- Produktivitas	1.000				
X12	<-- Produktivitas	1.877	0.422	4.451	0.000	signifikan
X11	<-- Produktivitas	1.182	0.376	3.141	0.002	signifikan
Y1	<-- Produktivitas	1.626	0.364	4.461	0.000	signifikan
Y2	<-- Kinerja_Pemeliharaan	1.000				
X22	<-- Kinerja_Pemeliharaan	2.088	0.423	4.941	0.000	signifikan
X21	<-- Kualitas	1.000				
	<-- Kualitas	1.075	0.117	9.161	0.000	signifikan

Sumber : Data diolah

Uji-t terhadap (Nilai C.R identik dengan Uji t) koefisien lambda dilakukan untuk menolak  $H_0$  yang menyatakan bahwa nilai koefisien lambda adalah sama dengan nol, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H_0 : \lambda_i = 0$$

$$H_1 : \lambda_i \neq 0$$

Pengujian masing-masing hipotesa mengenai dimensi-dimensi faktor adalah sebagai berikut:

Misalnya,

$$H_0 : \lambda_1 = 0 \text{ dan } H_1 : \lambda_1 \neq 0$$

Nilai t-hitung dari  $\lambda_1 = 4.752$

t-tabel pada level 0.05 dengan DF sebesar 15 adalah  $\pm 2.131$  maka dapat dilihat bahwa uji t terhadap  $\lambda_1$  adalah  $4.752 > 2.131$  atau t-hitung lebih besar dari t-tabel, dengan p-value sebesar 0.000 yang jauh lebih kecil dari alpha 0.05. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol ditolak, karena nilai  $\lambda_1$  adalah tidak sama dengan nol secara signifikan.

Secara sama dilakukan untuk loading faktor lainnya dan akan terbukti bahwa dari loading faktor semua variabel dapat diterima secara signifikan.

Tampak seluruh variabel struktural saling mempengaruhi variabel struktural lainnya secara signifikan (bermakna), dengan nilai p (p-value) di bawah 0.05.

#### 4.3.2.3.2. Pengukuran Kausalitas Structural Model SEM

Beberapa indikator yang diuji bersifat fix:

Dimensi Produktivitas, kualitas dan kinerja pemeliharaan bersifat fix.

Karena model Goodness of fit sudah terpenuhi, maka dengan demikian instrumen penelitian layak digunakan (data valid).

Berdasarkan hasil output *Regression Weights* tersebut, menunjukkan bahwa semua konstruk variabel mempunyai faktor loading yang signifikan. Oleh karena ini adalah uji hipotesis (dan bukan lagi uji model), maka tidak perlu lagi melakukan modifikasi terhadap konstruk variabel yang telah terbentuk dari model yang dikonfirmasi, meskipun masih ada saran modifikasi. Sebab selain hal itu dapat mengubah nilai Goodness of fit Indices menjadi tidak layak lagi, juga dapat menyebabkan hasil penyelesaian yang diperoleh tidak layak digunakan (*the solution is not admissible*).

**Loading faktor** atau lambda ( $\lambda$ ) atau koefisien lambda dari variabel indikator merupakan dimensi atau indikator dari variabel konstruk yang sedang dianalisis. Nilai lambda itu digunakan untuk menilai kecocokan, kesesuaian atau unidimensionalitas dari dimensi-dimensi itu dalam membentuk sebuah faktor.

Penjelasan atas hipotesis yang diuji terhadap beberapa koefisien hubungan antar dimensi dalam tabel di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Hubungan antara Kinerja\_Pemeliharaan (Metode RCM) terhadap KUALITAS PRODUK menunjukkan nilai C.R sebesar 4.752 dengan nilai p-value 0.000 ( $<0.05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak pada alpha 0.05. Hal ini berarti bahwa Kinerja\_Pemeliharaan berpengaruh secara signifikan terhadap KUALITAS PRODUK.

2. Hubungan antara Kinerja\_Pemeliharaan (Metode RCM) terhadap PRODUKTIVITAS menunjukkan nilai C.R sebesar 3.766 dengan nilai p-value 0.000 ( $<0.05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak pada alpha 0.05. Hal ini berarti bahwa Kinerja\_Pemeliharaan berpengaruh secara signifikan terhadap PRODUKTIVITAS.
3. Hubungan antara Kinerja\_Pemeliharaan (Metode RCM) terhadap Kualitas Pemeliharaan menunjukkan nilai C.R sebesar 4.941 dengan nilai p-value 0.000 ( $<0.05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak pada alpha 0.05. Hal ini berarti bahwa Kinerja\_Pemeliharaan berpengaruh secara signifikan terhadap Kualitas Pemeliharaan yang dilakukan PT. PJB.

#### 4.3.2.3.3. Analisis atas Direct Effect, Indirect Effect dan Total Effect

Peneliti dapat menganalisis kekuatan pengaruh antar konstruk baik pengaruh yang langsung, tidak langsung, maupun pengaruh totalnya. Efek langsung (*direct effect*) tidak lain adalah koefisien dari semua garis koefisien dengan anak panah satu ujung. Efek tidak langsung adalah efek yang muncul melalui sebuah variabel antara. Efek total adalah efek dari berbagai hubungan. Efek langsung yang terjadi dari konstruk ditunjukkan oleh tabel 4.22. di bawah ini:

Tabel 4.22. Direct effect

##### Standardized Direct Effects – Estimates

	KINERJA PEMELIHARAAN	KUALITAS PRODUK	PRODUKTIVITAS
KUALITAS PRODUK	0.836	0	0
PRODUKTIVITAS	-0.801	0	0
X21	0	0.816	0
X22	0	0.854	0
Y2	0.974	0	0
Y1	0.486	0	0
X11	0	0	0.654
X12	0	0	0.432
X13	0	0	0.653
X14	0	0	0.537

Sumber : Data diolah

Tabel 4.22. di atas menunjukkan bahwa terdapat efek langsung yang positif dan sangat kuat dari Kinerja\_Pemeliharaan terhadap Kualitas Pemeliharaan sebesar 0.974; demikian juga efek langsung yang positif dan sangat kuat dari Kualitas Produk terhadap Tingkat Cacat Proses akibat kerusakan mesin ( $X_{21}$ ) dan Tingkat cacat / penurunan kemampuan pembangkit (derating) ( $X_{22}$ ) sebesar 0,816 dan 0,854; dan efek langsung

yang sangat kuat pengaruhnya dari Kinerja\_Pemeliharaan terhadap Kualitas produk sebesar 0.836 serta Produktivitas sebesar 0,801. Efek langsung lainnya ada yang merupakan loading faktor atau nilai lambda dari masing-masing variabel indikator yang membentuk variabel konstruk yang dianalisis. Efek tidak langsung yang terjadi dari konstruk ditunjukkan oleh tabel 4.23. di bawah ini:

Tabel 4.23. Indirect effect

**Standardized Indirect Effects - Estimates**

	KINERJA PEMELIHARAAN	KUALITAS	PRODUKTIVITAS
KUALITAS PRODUK	0	0	0
PRODUKTIVITAS	0	0	0
X21	0.682	0	0
X22	0.713	0	0
Y2	0	0	0
Y1	0	0	0
X11	0.523	0	0
X12	0.345	0	0
X13	0.523	0	0
X14	0.43	0	0

Sumber : Data diolah

Tabel 4.23. di atas menunjukkan bahwa terdapat efek tidak langsung yang positif dari variabel Kinerja\_Pemeliharaan metode RCM terhadap penurunan tingkat cacat (penurunan kemampuan pembangkit / derating) (X22) sebesar 0.713 dan terhadap penurunan tingkat cacat proses akibat kerusakan mesin (X21) sebesar 0.682, serta variabel konstruk lainnya dengan besarnya pengaruh indirect atau efek tidak langsung yang bervariasi. Demikian seterusnya, penjelasan untuk efek tidak langsung lainnya yang timbul antar konstruk. Efek total yang terjadi dari konstruk ditunjukkan oleh tabel 4.24. di bawah ini:

Tabel 4.24. Total effect

**Standardized Total Effects - Estimates**

	KINERJA PEMELIHARAAN	KUALITAS	PRODUKTIVITAS
KUALITAS	0.836	0	0
PRODUKTIVITAS	0.801	0	0
X21	0.682	0.816	0
X22	0.713	0.854	0
Y2	0.974	0	0
Y1	0.486	0	0
X11	0.523	0	0.654
X12	0.345	0	0.432
X13	0.523	0	0.653
X14	0.430	0	0.537

Sumber : Data diolah

Tabel 4.24. di atas menunjukkan bahwa terdapat efek total yang positif dan sangat kuat dari Kinerja\_Pemeliharaan metode RCM terhadap Kualitas Pemeliharaan yang telah dilakukan PT. PJB UP Gresik (Y2) sebesar 0.974; demikian juga efek total dari Kinerja\_Pemeliharaan terhadap Kualitas Produk dan Produktivitas sebesar 0.836 dan 0,801, dan juga efek total dari Kualitas Produk terhadap Tingkat Cacat Proses akibat kerusakan mesin ( $X_{21}$ ) serta Tingkat cacat / penurunan kemampuan pembangkit (derating) ( $X_{22}$ ) sebesar 0,816 dan 0,854. Efek total lainnya ada yang merupakan loading faktor atau nilai lambda dari masing-masing variabel indikator yang membentuk variabel konstruk yang dianalisis.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik (PT. PJB UP Gresik) tentang *Analisis Penerapan Reliability Centered Maintenance dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas, Kualitas Produk dan Kinerja Pemeliharaan* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan *Overall Maintenance Results* / parameter mengenai kinerja pemeliharaan, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini:

Tabel 5.1. Hasil *Overall Maintenance Results*

Parameter	PLTGU blok 1	PLTGU blok 2	PLTGU blok 3
Availability	90,165 %	91,622 %	90,25 %
Mean Time to Failure	753,435 jam	1359,705 jam	1937,7675 jam
Breakdown frequency	0,1327 % kegagalan/jam	0,07354% kegagalan/jam	0,05161% kegagalan/jam
Mean Time to Repair	2,85 jam	5,905 jam	2,4325 jam
Production Rate Index	0,0462	0,0508	0,0478

Sumber: data diolah

2. Berdasarkan hasil perhitungan dari pengukuran hubungan antara kinerja pemeliharaan metode RCM dengan produktivitas dan kualitas produk dengan menggunakan Structural Equation Modeling. Dalam penelitian ini ditunjukkan untuk mengetahui efektivitas penerapan RCM (kinerja pemeliharaan) dan hubungannya dengan produktivitas dan kualitas produk, diperoleh kesimpulan bahwa:

- ✚ Hubungan antara Kinerja\_Pemeliharaan (Metode RCM) terhadap KUALITAS PRODUK menunjukkan nilai C.R sebesar 4.752 dengan nilai p-value 0.000 (<0.05), sehingga  $H_0$  ditolak pada alpha 0.05. Hal ini berarti bahwa Kinerja\_Pemeliharaan berpengaruh secara signifikan terhadap KUALITAS PRODUK.

- ✚ Hubungan antara Kinerja\_Pemeliharaan (Metode RCM) terhadap PRODUKTIVITAS menunjukkan nilai C.R sebesar 3.766 dengan nilai p-value 0.000 (<0.05), sehingga  $H_0$  ditolak pada alpha 0.05. Hal ini berarti bahwa Kinerja\_Pemeliharaan berpengaruh secara signifikan terhadap PRODUKTIVITAS.

## 5.2 Saran

Dari penulis setelah melakukan penelitian di PT. PJB UP Gresik menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Hendaknya perusahaan lebih meningkatkan lagi kinerja pemeliharaan dari PLGU Blok 1 karena memiliki nilai Mean Time to Failure yang sangat rendah dibandingkan dengan PLTGU Blok 2 dan Blok 3. Rendahnya nilai Mean Time to failure ini akibat banyaknya kerusakan yang terjadi pada PLTGU Blok 1.
2. Baiknya hubungan antara karyawan dengan atasan, serta kenyamanan karyawan dalam pekerjaannya ternyata tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Produktivitas. Oleh karena itu, pihak manajemen perlu lebih memfungsikan karyawan sebagai *first line maintenance* yang profesional dalam mendeteksi dan mencegah terjadinya kerusakan.
3. Karyawan sebagai indikator utama *input* dalam sebuah perusahaan sangat perlu diperhatikan, dengan mengoptimalkan SDM dengan sendirinya perusahaan akan dapat merasakan hasilnya lebih baik.
4. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari penerapan Reliability Centered Maintenance terhadap biaya pemeliharaan, efektifitas pemanfaatan tenaga kerja dan kinerja perusahaan secara umum.

## DAFTAR PUSTAKA

Alan Pride, CMRP. 2005. *“Reliability Centered Maintenance Overview”*.

Smithsonian Institution.

Elektro Indonesia, Edisi Kedelapan, Juli 1997. *“Kerjasama Tenaga Listrik Sektor Swasta ASEAN di Daerah Perbatasan Kalimantan.”*

Ferdinand, A., 2002. *Structural Equation Modelling dalam Penelitian Manajemen, Aplikasi Model-model Rumit Dalam Penelitian Untuk Tesis Magister dan Disertasi Doktor*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Kompas, 20 Agustus 2005. *“Interkoneksi untuk Atasi Listrik.”*

Masduki, 2005. *Pengantar Teknik Industri, Pasca Sarjana Universitas Brawijaya*, Malang.

Moubray, J. M. 1994. *Reliability Centered Maintenance*, Buitenworth-Heinemann, Oxford.

Nowlan, F.S., and Heap, H. 1978. *Reliability Centered Maintenance*, National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce, Springfield, VA.