

# ANALISIS PERBAIKAN KINERJA BOOSTER COMPRESSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (Studi Kasus Chevron Indonesia Company)

Robby Rokhyadi<sup>1)</sup>; Impol Siboro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Universitas Balikpapan

<sup>2)</sup>Program Studi K3 Fakultas Vokasi Universitas Balikpapan

## Abstract

*Booster Compressor yang berada di Lex Plant Santan Terminal sering mengalami kegagalan operasi. Dari tahun 2002-2010, rata-rata unscheduled shutdown yang terjadi sebanyak 4 kali dalam setahun. Failure ini menyebabkan Lex Plant mengalami Loss Product Opportunity (LPO) Propane (C3) dan Butane (C4) dan biaya yang cukup besar untuk memperbaiki peralatan. Dari analisa penyebab kerusakan, terdapat 5 komponen terbanyak penyebab kerusakan dan menyumbang 67% dari unscheduled shutdown selama periode tersebut. Komponen tersebut adalah Aux Lube Oil Pump, Vent Valve, Ait Intake Filter, Recycle Valve, dan Main Fuel Control Valve. Dari data yang ada, dilakukan analisa kuantitatif untuk mengetahui reliability dan failure rate dari masing-masing komponen. Hasilnya, Booster Compressor memiliki nilai OEE (overall equipment effectiveness) sebesar 94,5% dengan rata-rata antar waktu kegagalan (MTBF) peralatan sebesar 66 hari.*

*Analisa kegiatan maintenance yang telah berjalan selama ini dilakukan dengan menggunakan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) dimulai dengan pendefinisian fungsi dari peralatan dan tingkat criticality. Identifikasi masing-masing komponen dapat diketahui dari Functional Block Diagram sebagai penggambaran fungsi komponen satu dengan komponen lainnya hingga membentuk satu kesatuan fungsi sistem kerja.*

*Berdasarkan hasil Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan menilai kegiatan program preventive maintenance yang telah berjalan, ditemukan bahwa kegiatan yang dilakukan belum sepenuhnya mampu mengidentifikasi semua failure mode yang muncul dari setiap komponen dan pelaksanaan waktunya yang berada diatas MTBF. Dari penelitian ini, direkomendasikan purposed task untuk melengkapi kegiatan perawatan maintenance yang sudah ada untuk dapat mengenali failure mode yang ada pada komponen dengan tujuan untuk meningkatkan reliability peralatan dan mengurangi downtime.*

**Kata Kunci :** Effectiveness, OEE, RCM, dan FMEA

## PENDAHULUAN

Chevron Indonesia memulai kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi di Kalimantan Timur sejak tahun 1968 dengan status *Production Sharing Contract (PSC)* dengan BP Migas sebagai wakil dari Pemerintah Indonesia. Salah satu fasilitas milik Chevron adalah *Santan Terminal* yang terdapat unit pengolahan gas *Lex Plant*. *Lex Plant* ini mengolah gas bumi yang berasal dari lapangan lepas pantai menjadi produk *propane (C3)* dan *butane (C4)* yang dikenal sebagai *LPG (Liquified Petroleum Gas)*. Kapasitas produksi perhari mencapai  $\pm 3800$  BLPD (*barel liquid per day*) *Propane* dan  $\pm 2000$  BLPD (*barel liquid per day*) *Butane*. Keberadaan *Lex Plant* ini sangat penting mengingat produksinya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan *LPG* untuk Indonesia

timur. Salah satu mesin yang terdapat dalam operasi *Lex Plant* adalah *Booster Compressor*. Fungsi mesin ini adalah menaikkan tekanan gas bumi yang berasal dari laut sebesar *210 psi* agar dapat mencapai tekanan minimum sebesar *410 psi* sebelum dilakukan proses *liquid extraction* selanjutnya. Dari data yang diamati dari tahun 2002 – 2010, kegagalan operasi yang terjadi pada *Booster Compressor* ini cukup tinggi. Rata-rata terjadi *failure* sebanyak 4 kali dalam setahun. Kegagalan ini menyebabkan terjadinya kehilangan produksi *propane (C3)* dan *butane (C4)* atau *loss product opportunity*. Kejadian ini yang menyebabkan *Lex Plant* tidak mampu beroperasi maksimal untuk mencapai target produksi. Selain itu juga menimbulkan biaya yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan mesin ini. Biaya ini meliputi biaya perawatan

mesin yang terdiri dari biaya suku cadang dan biaya tenaga kerja yang mengerjakan kegiatan perawatan mesin agar selalu beroperasi sesuai dengan kapasitas perancangannya (Moubray, 2000). Ini menunjukkan kegiatan *maintenance* yang dijalankan selama ini belum optimal.

Untuk menjaga agar peralatan produksi dapat berjalan secara baik diperlukan suatu kegiatan perawatan. Kegiatan ini ditujukan untuk meyakinkan bahwa aset fisik yang dimiliki dapat terus berlanjut memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna terhadap fungsi yang dijalankan oleh aset tersebut. *Maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. Kegiatan perawatan pada dasarnya terbagi menjadi dua kategori, yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Pemilihan kegiatan *maintenance* tersebut didasari atas sifat dari kerusakan pada peralatan, apakah bersifat terprediksi atau tidak terprediksi. Selain itu, pemilihan tersebut juga didasari atas biaya yang harus dikeluarkan untuk kegiatan *maintenance* tersebut. *Maintenance* seringkali dihubungkan sebagai akar dari suatu keandalan (*reliability*). Hal ini dikarenakan seringkali masalah keandalan datangnya dari bagian *maintenance*. Oleh karena itu, perlu adanya strategi *maintenance* yang baik untuk meningkatkan *reliability* dari suatu sistem produksi (Anderson, 1990).

Mesin juga akan mengalami penurunan tingkat keandalan (*reliability*) apabila digunakan secara terus menerus. Keandalan merupakan peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk periode waktu tertentu. Meskipun demikian, tingkat keandalan dapat dijaga dan masa pakai mesin dapat diperpanjang dengan melakukan penjadwalan perawatan mesin dengan baik dan teratur. Pemeliharaan merupakan aktivitas menjaga sistem peralatan dan mesin selalu tetap konsisten dalam proses produksi. Secara umum, masalah pemeliharaan sering terabaikan sehingga kegiatan pemeliharaan tidak teratur, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kapasitas produksi. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan harus dilakukan secara tepat dan konsisten (Tampubolon, 2004).

Dengan adanya kegagalan operasi yang terjadi berulang pada peralatan mengindikasikan belum sepenuhnya optimal kegiatan perawatan yang ada. Salah satu pendekatan kegiatan *maintenance* yang menjadi pilihan adalah *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

RCM adalah teknik yang lebih maju untuk menentukan aktifitas *preventive maintenance*, menjamin aset beroperasi dengan design asli dan menjalankan fungsinya sesuai keinginan pemakai. *Failure Modes Effects Criticality (FMEA)* adalah kunci RCM yang menerapkan proses pada masing-masing aset ditinjau dari fungsi dan *performance* yang diinginkan. RCM merupakan cara untuk mengembangkan strategi perawatan dan *design* alternatif, berdasarkan pada operasional, ekonomi, dan keselamatan serta ramah lingkungan.

Siichi Nakajima dari *Japan Institute of Maintenance Plan* mendefinisikan RCM sebagai suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* dengan cara mengefektifkan peralatan, mengurangi/menghilangkan kerusakan mendadak (*breakdown*), dan melakukan *autonomos operator maintenance*. Dari kondisi perusahaan yang ingin meningkatkan kapasitas produksinya melalui efektifitas mesin, usaha-usaha untuk melakukan pemeliharaan pada peralatan menjadi sama pentingnya dengan fungsi lain seperti produksi. Kelancaran proses produksi pada suatu perusahaan sangat didukung oleh kondisi mesin-mesin atau peralatan. Suatu perusahaan sangat memerlukan adanya sebuah sistem perawatan mesin produksi yang terencana dan terlaksana dengan baik agar mesin dapat tetap berfungsi secara optimal yang menunjang keberhasilan proses produksi pada perusahaan tersebut untuk menghasilkan produk yang kompetitif. Jika kita melakukan perawatan sebelum terjadinya kerusakan atau perawatan pencegahan, maka biaya yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada biaya perawatan perbaikan. Hal ini dikarenakan kegiatan perawatan pencegahan memerlukan waktu yang lebih kecil jika dibandingkan dengan perawatan perbaikan sehingga *uptime* yang diharapkan dari sistem juga dapat meningkat.

Pemikiran RCM bukan pada perbaikan mesin, tetapi pada pencegahan kerusakan mesin/peralatan untuk meningkatkan umur mesin atau peralatan. Dengan demikian RCM

merupakan suatu tahapan proses untuk meningkatkan produktifitas peralatan dan mesin sepanjang masa pakai peralatan dan mesin itu. Sasaran RCM adalah untuk memperbaiki OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) suatu peralatan dengan cara mengurangi *downtime*.

OEE merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur besarnya efektivitas yang dimiliki suatu peralatan. Pengukuran OEE didasarkan pada pengukuran tiga parameter yaitu *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. *Availability* dan *reliability* merupakan dua parameter yang memiliki hubungan erat. Kenaikan nilai *reliability* mesin dengan nilai *maintainability* yang tetap maka nilai *availability* mesin akan mengalami kenaikan. Nilai *availability* dipengaruhi oleh dua faktor yaitu laju kegagalan yang menggambarkan nilai *reliability* dan waktu *downtime* yang menggambarkan *maintainability* suatu mesin (Priyanta, 2000).

Beberapa penelitian yang terkait dengan OEE dan *Reliability Centered Maintenance* seperti yang dilakukan oleh Rachmad Tri Sulistiyono, Anda Iviana Juniani, dan Iva Setyana (2000) mengenai “Implementasi of RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) and RPN (*Risk Priority Number*) in *Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at High Pressure Boiler based on Job Safety Analysis (JSA)*”. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *failure modes* yang ditimbulkan oleh *High Pressure Boiler* berdasarkan *Risk Assessment* dan menentukan *task* menggunakan metode RCM untuk melakukan pencegahan terhadap *failure* yang muncul. Penelitian lainnya yang masih terkait OEE adalah “Studi kasus peningkatan OEE melalui implementasi *Total Production Maintenance (TPM)* oleh Didik Wahyudi, Soejono Tjitro, dan Rhismawati Soeyono (2009). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penerapan TPM pada peralatan produksi mempunyai pengaruh yang *significant* terhadap kenaikan nilai OEE. Dalam penelitian yang sedang penulis lakukan ini terkait dengan analisa nilai OEE terhadap kegiatan *maintenance* dengan menggunakan metode RCM untuk mengurangi *downtime*. *Booster Compressor* yang menjadi objek penelitian ini juga belum pernah dilakukan penelitian sejenis sebelumnya.

Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat memberikan kontribusi ke perusahaan untuk dilaksanakan sehingga akan terjadi perbaikan operasi pada *Booster Compressor* yang pada akhirnya akan mengurangi *production loss* dan biaya perbaikan dapat dikurangi.

## METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah pengambilan data lapangan dan studi literatur. Merupakan dasar atau acuan yang digunakan dalam penelitian berdasarkan kajian teoritis. Dengan adanya studi literatur ini, diharapkan dapat dijadikan sebagai pembanding antara kondisi aktual dengan kajian secara teoritis. Literatur yang digunakan diambil dari buku-buku teks dan jurnal yang dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian. Pada tahap studi literatur dilakukan kajian secara teoritis mengenai metode-metode yang dapat mendukung untuk penyelesaian permasalahan dalam penelitian ini. Teori-teori yang digunakan adalah meliputi teori tentang RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Booster Compressor* memiliki beberapa komponen penyusun dimana komponen penyusun ini merupakan komponen yang seri sehingga bila salah satu komponen penyusun ini mengalami kerusakan mati maka akan menyebabkan terjadinya *unscheduled shutdown*. Dari data kerusakan yang terjadi pada *Booster Compressor* yang diperoleh selama periode 2002 – 2010 dapat dilihat 5 komponen teratas yang berkontribusi besar terhadap kegagalan operasi pada *Booster Compressor* yaitu : *Aux Lube Oil Pump*, *Vent Valve*, *Air Intake Filter*, *Recycle Valve*, dan *Main Fuel Control Valve*. Analisa kuantitatif *Booster Compressor* dilakukan dengan uji distribusi data kerusakan *time to failure* menggunakan *software weibull++7* pada data *record* waktu antar kegagalan. Dari hasil pengujian tersebut yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai *reliability* masing - masing komponen *Booster Compressor*. Berdasarkan hasil uji distribusi dengan *software weibull ++ 7* diperoleh hasil bahwa data setiap komponen memiliki distribusi *weibull* sesuai

dengan parameter masing-masing sesuai dengan table dibawah.

Tabel 1. Parameter *Weibull* dan MTBF setiap komponen

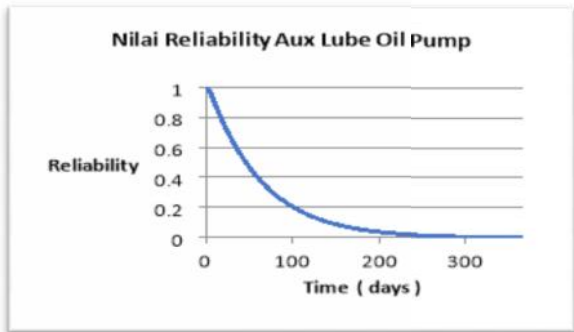
No	Komponen	shape ( $\beta$ )	scale ( $\eta$ )	location ( $\gamma$ )	MTBF
1	Aux Lube Oil Pump	1,0246	61,6402	3,000	64
2	Vent Valve	1,0109	134,688	8,9200	143
3	Air Intake Filter	1,0007	30,0983	13,7800	44
4	Recycle Valve	1,4937	124,6108	16,4625	129
5	Main Fuel Control Valve	3,0344	144,8786	11,605	148

**Nilai Reliability**

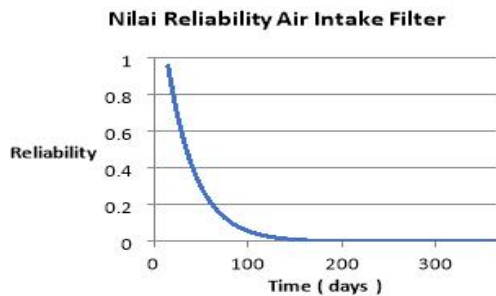
Nilai *reliability* dari masing-masing komponen dapat dirumuskan dengan sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

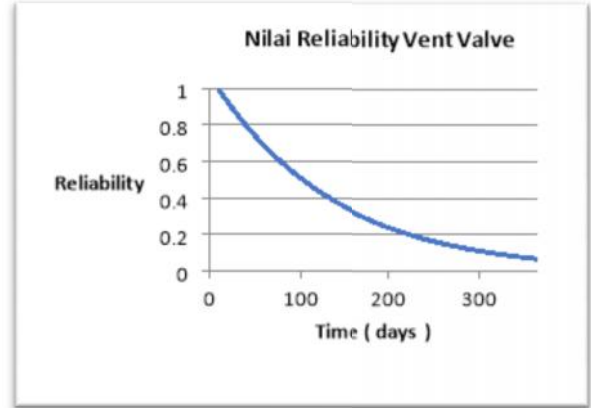
Langkah selanjutnya adalah memplot grafik hubungan antara nilai *reliability* terhadap waktu operasional yang dapat dilihat pada gambar dibawah



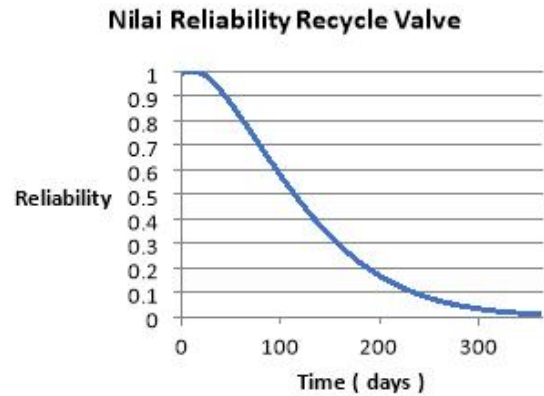
Gambar 1. Hubungan antara nilai reliability dengan waku pada komponen Aux Lube Oil Pump



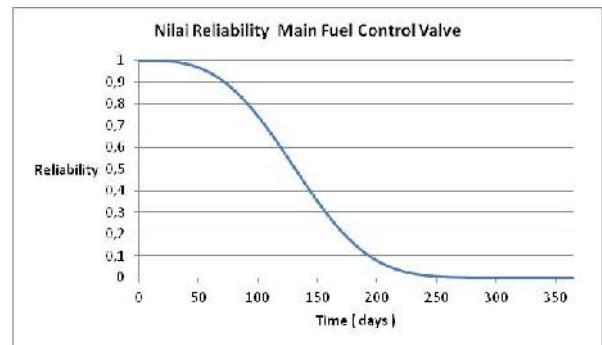
Gambar 2. Hubungan antara nilai reliability dengan waku pada komponen Air Intake Filter



Gambar 3. Hubungan antara nilai reliability dengan waku pada komponen Vent Valve



Gambar 4 Hubungan antara nilai reliability dengan waku pada komponen Recycle Valve .



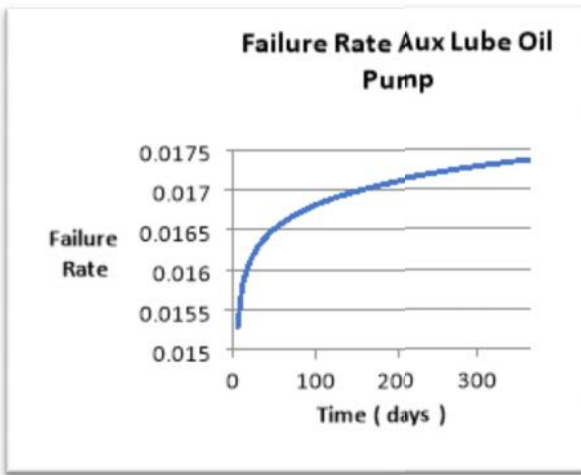
Gambar 3. Hubungan antara nilai reliability dengan waktu pada komponen A Main Fuel Control Valve

**Nilai Failure Rate**

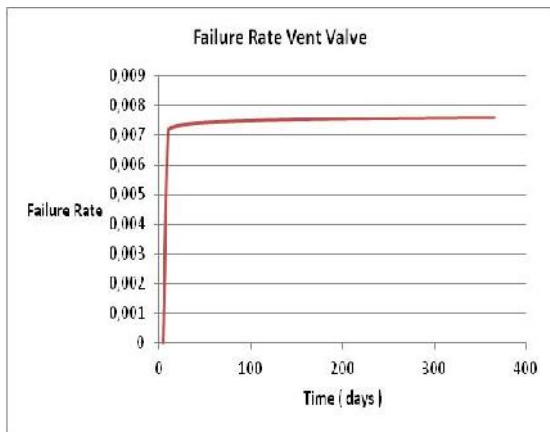
Evaluasi *failure rate* dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

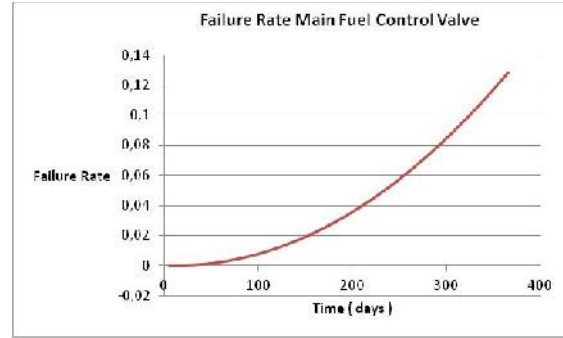
Langkah selanjutnya adalah dengan memplot grafik hubungan nilai *failure rate* terhadap waktu operasional seperti terlihat dalam gambar dibawah :



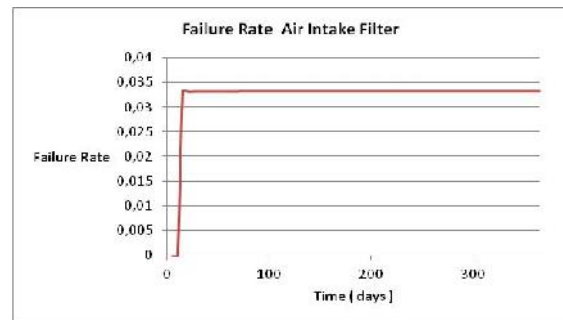
Gambar 6. Hubungan antara nilai failure rate dengan waktu pada komponen Aux Lube Oil Pump



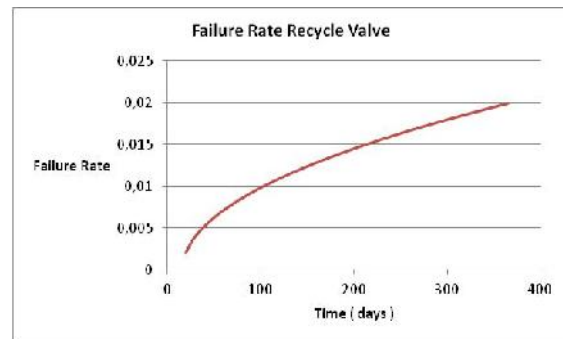
Gambar 7. Hubungan antara nilai failure rate dengan waktu pada komponen Vent valve



Gambar 8. Hubungan antara nilai failure rate dengan waktu pada komponen Main Fuel Control Valve



Gambar 9. Hubungan antara nilai failure rate dengan waktu pada komponen Air Intake Filter



Gambar 10 . Hubungan antara nilai failure rate dengan waktu pada komponen Recycle Valve

**Perhitungan Nilai Komponen Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Pengukuran OEE pada unit didasarkan pada pengukuran tiga parameter yaitu *availability* (menggambarkan pemanfaatan waktu untuk kegiatan operasi peralatan), *performance rate* (menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan barang) dan *quality rate*

(menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan barang yang sesuai standard) yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

**Availability**

Untuk menghitung nilai *availability*, langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menghitung MTTR (*Mean Time To Repair*) terlebih dahulu. Waktu yang digunakan ketika suatu resiko kerusakan terjadi dapat dicari menggunakan perhitungan MTTR (*Mean Time To Repair*). MTTR adalah rata-rata waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap kerusakan tersebut. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{T}{J} = \frac{w}{h} \frac{r}{k}$$

Perhitungan MTTR dan nilai *avaibility* setiap komponen seperti yang terlihat pada tabel dibawah .

Tabel 2 Perhitungan MTTR dan *avaibility* setiap komponen

No	Komponen	MTTR (hari)	Avaibility %
1	Aux Lube Oil Pump	3,9	94
2	Vent Valve	3,7	97
3	Air Intake Filter	3,8	92
4	Recycle Valve	3,4	97
5	Main Fuel Control Valve	4,3	97

Sedangkan MTTR untuk kerusakan unit secara keseluruhan adalah 3,83 hari. Untuk menghitung *availability* unit secara keseluruhan, perlu ditentukan MTBF peralatan dengan mengetahui *time to failure* unit secara total. Dari software *weibull++7* didapat MTBF sebesar 66 hari. Dari perhitungan dapat ditentukan *avaibility Booster Compressor* sebesar 94,5 %

**Performance efficiency**

*Performance efficiency Booster Compressor* dapat kita lihat dari aktual aliran

gas yang dikompresi. Unit ini mempunyai kapasitas design sebesar 170 mmscfd. Proses penurunan alamiah yang dialami sumur-sumur gas yang ada di laut saat ini menyebabkan kapasitas *flow* yang dikompresi *Booster Compressor* jauh dibawah kapasitas *design* awalnya dan mengalami fluktuasi tergantung dari kondisi sumur yang berada di laut. Dari data lapangan , kita dapat mengasumsikan bahwa *performance efficiency Booster Compressor* adalah 100% dengan dasar bahwa aktual *flow* yang dialirkan unit ini tergantung dari *flow* gas yang berasal dari sumur di laut yang besarnya aliran tersebut masih dibawah design kapasitas unit ini.

*Performance efficiency = 100 %*

**Quality Rate**

Menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai standard. *Quality rate* dapat dihitung mcnggunakan persamaan 2.25. Dalam perhitungan *quality rate* maka asumsi yang dipakai sebesar 100 %, dikarenakan tidak ada aliran gas yang dikompresi mengalami kecacatan.

*Quality Rate = 100 %*

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai OEE sistem sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 OEE &= \%Avaibility \times \% Performance efficiency \times Quality Rate \\
 &= 94.5\% \times 100\% \times 100\% \\
 &= 94.5\%
 \end{aligned}$$

**Rencana Pelaksanaan Reliability Centered Maintenance**

*Design* metode RCM yang berbasis pada program *preventive maintenance* memerlukan beberapa proses yang harus dilakukan. Proses tersebut saling berkaitan dan merupakan urutan tahapan yang harus diselesaikan tahap demi tahap.

**Mengumpulkan Informasi Spesifikasi dan Fungsi Peralatan**

Spesifikasi dan fungsi dari peralatan yang dijadikan objek penelitian adalah sebagai berikut

Tabel 3 Spesifikasi dan Fungsi Peralatan

<b>Specification Description</b>	<i>Booster Compressor Set C-231 Manufacture Solar Turbines Model C-4022 TAU Internal Staging 2C-2B Design Capacity 170 MMSCD Engine Driver Centaur 40 T-5302 Housepower 6662 RPM Turbine 15,000 Output RPM 14,300</i>
<b>Functional Description</b>	Untuk menaikkan tekanan gas yang berasal dari Attaka/MKS 380 psig menjadi 450 - 600 psig dengan kapasitas flow 30 - 176 MMSCD dengan memenuhi standard quality, keselamatan, kesehatan, dan lingkungan

**Menentukan Criticality dari Peralatan**

Tingkat *criticality* menunjukkan *consequences* pada bisnis perusahaan yang terjadi bila *Booster Compressor* mengalami kegagalan operasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat *criticality* ini adalah jumlah kegagalan dalam periode tertentu dan pengaruhnya terhadap masalah *loss product opportunity* terhadap kegagalan operasi termasuk, masalah keselamatan, dan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang ada. Dari data frekuensi *failure* yang terjadi dan wawancara serta diskusi dengan operator produksi dan *engineer*, tingkat *criticality* *Booster Compressor* adalah sebagai berikut:

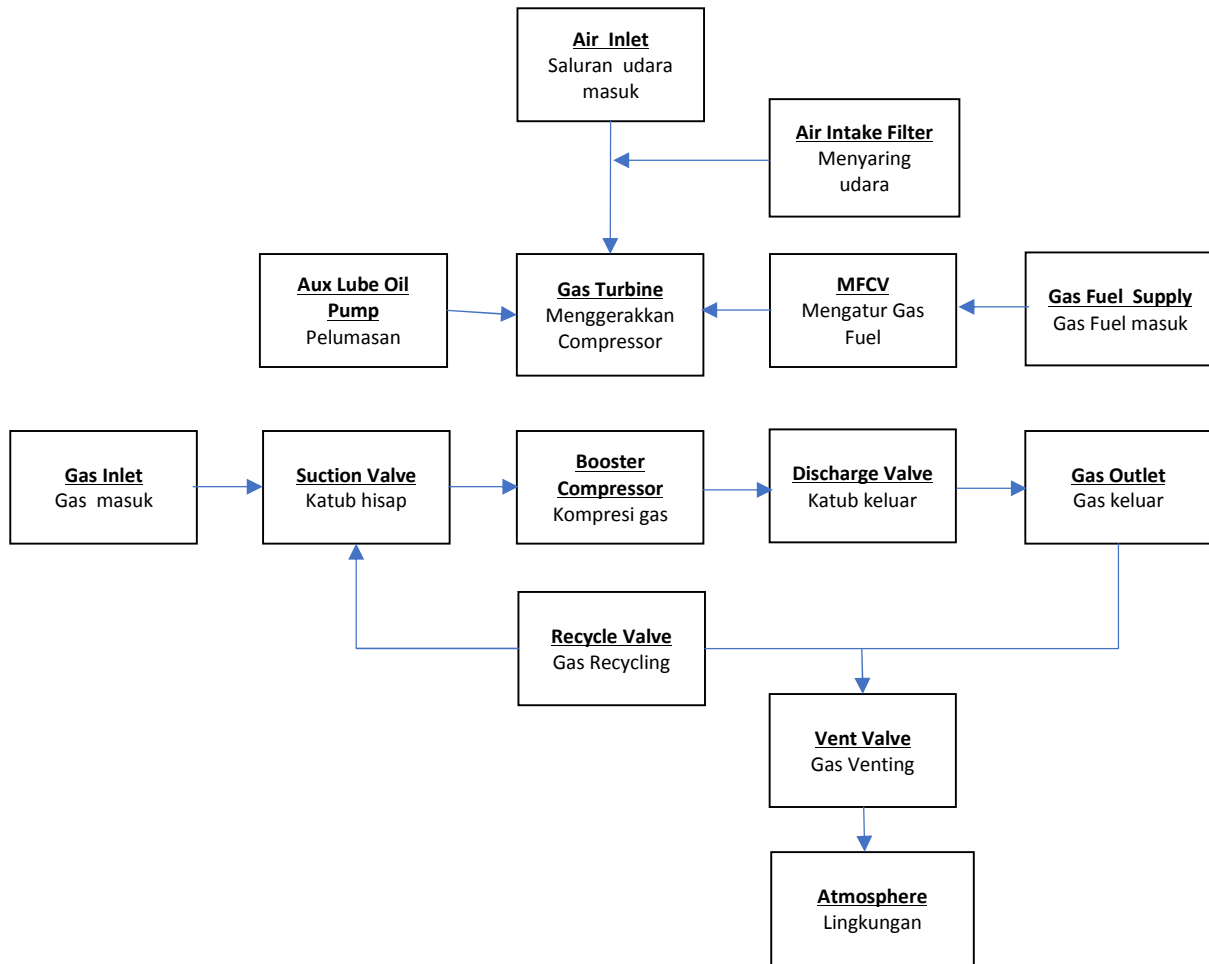
Tabel 4 *Criticality Rank* untuk *Booster Compressor*

<i>Unit</i>	<i>LPO Cost</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Safety</i>	<i>Regulation</i>	<i>Criticality Rank</i>
<i>Booster Compressor</i>	4	4	1	4	1

**Functional Block Diagram**

FBD untuk menggambarkan beberapa fungsi komponen dalam satu kesatuan blok yang saling berhubungan antara fungsi komponen satu

dengan komponen lain hingga membentuk satu kesatuan fungsi sistem kerja yang terdapat didalam *Booster Compressor* sebagaimana yang terlihat pada gambar dibawah



Gambar 11 *Functional Block Diagram (FBD) Booster Compressor*

**Melakukan *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)***

FMEA adalah merupakan metode sistematis yang digunakan untuk menganalisa kerusakan. Teknik FMEA digunakan sebagai bagian integral dari pelaksanaan analisis RCM untuk menganalisa kerusakan yang terdapat pada *Booster Compressor*.

**Menyusun *Proposed Task* berdasarkan FMEA**

Dari hasil *Failure Modes and Effect Analysis* yang telah dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan rencana tindakan berikutnya yang akan dilakukan untuk *failure mode* yang muncul pada komponen dengan memperhatikan MTBF. *Proposed Task* yang akan ditentukan tidak akan menggantikan kegiatan *preventive*

*maintenance* yang sudah ada sebelumnya, namun akan melengkapi kegiatan perawatan yang telah berjalan sebelumnya. Dengan kata lain lain implementasi RCM yang akan diterapkan tetap berbasis pada program kegiatan *maintenance*.

**SARAN**

Adapun dari hasil penelitian ini diperoleh hasil perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) pada *Booster Compressor* sebesar 94.5%. Dari data FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) diketahui bahwa kegiatan perawatan yang berjalan selama ini belum sepenuhnya efektif untuk mengidentifikasi *failure mode* yang timbul dari komponen kritis. Hasil analisis dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) merekomendasikan



perlu adanya *task* tambahan dengan tujuan untuk mengetahui *failure mode* pada komponen kritis yaitu *Aux Lube Oil Pump, Vent Valve, Air Intake Filter, Recycle Valve, dan Main Fuel Control Valve* yang tidak dapat diidentifikasi sebelumnya dan waktu pelaksanaannya.

Dari sisi ekonomi, tambahan *task* ini pada kegiatan perawatan *Booster Compressor* memang memerlukan biaya tambahan namun bila dibandingkan dengan kerugian kehilangan produksi akibat peralatan mengalami *downtime*, biaya yang dikeluarkan sangat kecil. Selain itu biaya perbaikan pada peralatan yang mengalami *failure unscheduled shutdown* lebih besar daripada biaya untuk kegiatan perawatan rutin.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Chevron Indonesia Company yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian dan karyawan bagian perawatan mesin yang telah menyediakan data-data yang diperlukan serta diskusi mengenai hal-hal yang terkait dengan kegiatan perawatan mesin.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ebeling, E, Charles, "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, Waveland Press Inc.Illinois", (2005)
- [2] Blanchard, Benjamin, "Maintainability : A key to Effective Serviceability and Maintenance Management" , A Wiley Interscience Publication New York, (1995)
- [3] Hansen, Robert C, "A Powerful Production/Maintenance Tool For Increased Profits" Press.Inc., New York.(2001)
- [4] Moubray, John, "Reliability Centered Maintenance", Industrial Press Inc New York.(2000)
- [5] Moubray, John, Reliability Centered Maintenance 2nd Edition, Industrial.Press.Inc., New York. (1997)
- [6] Plucknette, "Why RCM Doesn't Work, Allied Reliability", Charleston, SC (2007)
- [7] Anderson, L. Neri, "Reliability and Maintainability Engineering :Management and Engineering Methods", Elsevier Science Publisher Ltd, New York (1990)
- [8] Wahjudi Didik, Tjitro Soejono, Soeyono Rhismawati, "Studi Kasus Peningkatan OEE melalui Implementasi TPM", Seminar Nasional Teknik Mesin IV 30 Juni 2009, Surabaya (2009)
- [9] Tri Sulistiyono, Iviana Juniani Anda, Setyana Iva, "Implementation of RCM II and RPN in Risk Assesment and Scheduling Maintenance Task at High Pressure Boiler based on JSA", Performa 2008 Vol 7 No. 2 (2008)
- [10] Nakajima, S, "TPM Development Program", Productivity Press Inc, Cambridge (1988)
- [11] Tampubolon, M.P,"Manajemen Operasional", Ghalia Indonesia, Jakarta Priyanta, Dwi, 2000 Keandalan dan Perawatan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS.Surabaya.(2004)
- [12] Bloom. Neil B, "Reliability Centered Maintenance : Implementation Made Simple", McGraw-Hill, Inc, New York (2006)
- [13] Villemeur. Main, "Reliability,Availability, Maintainability and Safety Assesment" Volume 1, John Willey & SonsInc, Canada. (1992)
- [14] Mitchell, John, "Physical Asset Management Handbook 4rd Edition",Clarion Publication, New York (2009)
- [15] Abernethy, Robert, "An Overview of Weibull Analysis", North Palm Beach, Florida (2002)
- [16] Rosyadi, Anas, "RCM KLO Chevron Procedure" , Balikpapan (2010)