

**PERANCANGAN JADWAL PERAWATAN MESIN KOMPRESOR UNTUK  
MENINGKATKAN NILAI KEANDALAN SERTA MENGURANGI WAKTU  
DOWNTIME MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY-CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)*  
(STUDI KASUS: PT PERTAMINA RU V BALIKPAPAN)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Industri*



Nama : Muhammad Bayu Prasetyo Aji  
NIM : 16522118

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya jelaskan. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, September 2020



Muhammad Bayu Prasetyo Aji  
NIM. 16522118



**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN JADWAL PERAWATAN MESIN KOMPRESOR UNTUK  
MENINGKATKAN NILAI KEANDALAN SERTA MENGURANGI WAKTU  
*DOWNTIME* MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY-CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)*  
(STUDI KASUS: PT PERTAMINA RU V BALIKPAPAN)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1  
Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

Disusun Oleh:

**Muhammad Bayu Prasetyo Aji  
NIM : 16 522 118**

**Yogyakarta, September 2020**

Dosen Pembimbing



**Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Muhammad Bayu Prasetyo Aji

No. Mahasiswa : 16522118

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk  
Memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, Oktober 2020

Tim Penguji

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

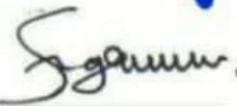
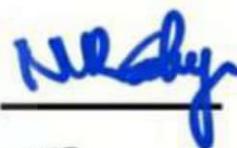
Ketua

Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I.

Anggota 1

Danang Setiawan, S.T., M.T.

Anggota 2



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Fauziq Immawan, S.T., M.M



**LEMBAR PENELITIAN**

# Sertifikat

PRAKTEK KERJA LAPANGAN

NOMOR : 401 /K20350/2020 - S8

Dengan ini menerangkan :

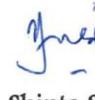
Nama Mahasiswa : MUHAMMAD BAYU PRASETYO AJI  
Tempat / Tanggal Lahir : Sleman, 29 Agustus 1997  
Nomor Induk Mahasiswa : 16522118  
Jurusan : Teknik Industri  
Asal Universitas : Universitas Islam Indonesia

Telah menyelesaikan Kerja Praktek di  
PT Pertamina ( Persero ) Refinery Unit V Balikpapan  
Bagian / Fungsi Sched. Mat. & Service Supp. - Turn Around RU V  
Periode 01 Maret 2020 s/d 30 April 2020

Sertifikat ini menerangkan nilai mahasiswa untuk jenis pekerjaan seperti tersebut  
pada halaman dibalik ini

Balikpapan, September 2020

Refinery Unit V Balikpapan  
Human Capital  
Business Partner


Shinta Soegiono

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Karya ini merupakan bentuk syukur dan tanggung jawab saya terhadap waktu yang telah diberikan oleh Allah SWT dengan kemurahan dan rahmatnya serta pemilik alam semesta ini. Selain itu bentuk atas bakti terhadap kedua orang tua serta keluarga tercinta saya yang selalu memberikan dukungan dan juga semangat tanpa henti hingga saat ini.*

*Terima kasih kepada seluruh keluarga besar Laboratorium Sistem Manufaktur Terintegrasi dengan dukungan dan doa dalam setiap perjalanan menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia*

*Terima kasih Trah Bambang dengan seluruh dukungan, semangat, doa dan waktunya yang telah diberikan dalam menemani langkah-langkah.*



## HALAMAN MOTTO

*“Karena Allah, Kita Ada Disini”*

*“Karena Allah Yang Merencanakan, Kita Yang Mengusahakan”*



## KATA PENGANTAR

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

***Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,***

Alhamdulillahirrobbil'alamiin, Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan nikmat-Nya kegiatan kerja praktek dan penyusunan laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa kami haturkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Penyusunan Tugas Akhir merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Stratum Satu (S1) pada jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Harapannya, penulis dapat dan mampu mengaplikasikan ilmu yang didapatkan dengan baik dan dapat dipertanggung jawabkan serta bermanfaat untuk lingkungan sekitar.

Dalam Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, dan kesempatan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Winda Nur Cahyo S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Djoko Widodo dan Ibu Utik Bidayati selaku orangtua dan kakak adik kandung saya Muhammad Aditya Nugroho dan Tania Chusna Azzahra yang telah memberikan perhatian dan dukungan serta doa nya.
5. Terimakasih kepada Muhammad Reza Syahputra Purnomo, Dwi Amalia Weuanggi dan teman-teman Teknik Industri 2016 dengan perhatian dan dukungannya telah membantu kelancaran proses penulisan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Asisten Laboratorium Sistem Manufaktur yang telah memberikan semangat, motivasi dan dukungannya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Trah Bambang tersayang yang telah memberikan semangat setiap harinya serta dukungan dan doa.
8. Bapak Sugeng Kusmoro selaku *Section Head* di Unit SMSS PT. PERTAMINA (persero) RU V Balikpapan.
9. *Staff* dan Karyawan PT. PERTAMINA (persero) RU V Balikpapan atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan untuk penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna sehingga kami mengharapkan kritik dan saran dari semua pembaca demi melengkapi kekurangan dalam laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

***Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.***

## ABSTRAK

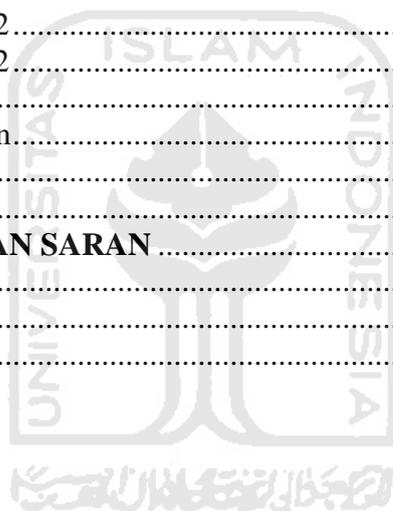
Perawatan menjadi salah satu bentuk pengelolaan aset perusahaan untuk dapat menjaga performanya. Salah satu tujuan dari kegiatan perawatan untuk mencegah kegagalan mesin. Tanpa adanya kebijakan perawatan yang baik, maka akan berdampak berupa kerugian dalam aspek finansial atau biaya perawatan tersebut. PT. Pertamina RU V Balikpapan menerapkan kebijakan untuk terus melakukan perawatan terhadap aset-aset tersebut, oleh karena itu diperlukannya kebijakan perawatan yang sesuai untuk menghindari kegagalan yang tidak diinginkan. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang dilakukan untuk membantu dalam penilaian keandalan aset serta menentukan batas waktu perusahaan dalam mengoperasikan mesin sebelum terjadinya kerusakan serta memberikan jadwal perawatan yang dapat diterapkan untuk mengurangi *downtime*. Hasil identifikasi dari mesin kompresor yang mengalami kerusakan yaitu K-3-02, K-5-02, dan K-1-01 dengan total kerusakan masing-masing 55 kali, 54 kali, dan 40 kali. Komponen kritis untuk kompresor K-3-02 dan K-5-02 adalah komponen cylinder, sementara pada kompresor K-1-01 berupa komponen valve. Bentuk distribusi dari cylinder K-3-02 adalah weibull dengan TBF sebesar 82.3 hari dan keandalan saat TBF sebesar 37.28%, K-5-02 berdistribusi eksponensial dengan TBF 109.37 hari dan keandalan saat TBF sebesar 36.8%. K-1-01 berdistribusi lognormal dengan TBF 114.7 hari dan keandalan saat TBF sebesar 34.5%. Usulan perawatan berdasarkan data yang diperoleh berupa kegiatan perawatan dilakukan sebaiknya saat keandalan mesin berada pada nilai keandalan 70% hal ini dilakukan dengan melakukan *preventive maintenance* rutin pada komponen tersebut. Setelah dilakukan penjadwalan ulang terhadap waktu perbaikan didapatkan penurunan waktu *breakdown* selama satu tahun untuk ketiga komponen tersebut dari 96 jam menjadi 65 jam dalam satu tahun dengan strategi perawatan berupa pengecekan pada cylinder K-3-02 dan valve K-1-01 dengan interval 35 hari dan 70 hari. Strategi penggantian pada cylinder K-5-02 dengan interval 70 hari. Dengan adanya kebijakan perawatan baru, biaya perawatan pada ketiga komponen tersebut dapat ditekan hingga Rp 62,617,707 dalam satu tahun.

**Kata Kunci :** RCM, kompresor, Keandalan, Penjadwalan, TBF

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>LEMBAR PENELITIAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian.....	7
<b>BAB II KAJIAN LITERATUR</b> .....	9
2.1 Kajian Induktif.....	9
2.2 Kajian Deduktif.....	20
2.2.1 Perawatan.....	20
2.2.2 Jenis Perawatan.....	22
2.2.3 <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	23
2.2.4 Laju Kerusakan.....	25
2.2.5 Keandalan.....	25
2.2.6 Distribusi Data Kerusakan.....	26
2.2.7 Nilai Rata-Rata Waktu Kerusakan.....	30
2.2.8 <i>Preventive Maintenance</i> .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	33
3.1 Obyek Penelitian.....	33
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.3 Identifikasi Masalah.....	34
3.4 Studi Pustaka.....	35
3.5 Penentuan Metode Penelitian.....	35
3.6 Sumber Data dan Pengumpulan Data.....	35
3.6.1 Data Primer.....	36
3.6.2 Data Sekunder.....	36
3.7 Pengolahan Data.....	36
3.7.1 Analisis Data Kerusakan.....	37
3.7.2 Analisis Jumlah Kerusakan.....	38
3.7.3 <i>Index of Fit</i> Distribusi.....	38
3.7.4 Penentuan Mean Time to Failure.....	38
3.7.5 Perhitungan Reliabilitas.....	38
3.7.6 Penentuan Jadwal Pemeliharaan.....	38
3.7.7 Perencanaan Biaya Perawatan.....	39
3.7.8 Hasil dan Pembahasan.....	39
3.7.9 Kesimpulan dan Saran.....	39
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b> .....	40

4.1	Mesin Kompresor.....	40
4.2	Identifikasi Komponen Kritis.....	41
4.3	Penentuan Distribusi <i>Time to Failure</i> .....	46
4.2.1	Distribusi Kegagalan Cylinder K-3-02 .....	46
4.2.2	Distribusi Kegagalan Cylinder K-5-02 .....	51
4.2.3	Distribusi Kegagalan Valve K-1-01 .....	55
4.4	Analisis Reliabilitas .....	59
4.3.1	Reliabilitas Cylinder K-3-02.....	59
4.3.2	Reliabilitas Cylinder K-5-02.....	61
4.3.3	Reliabilitas Valve K-1-01 .....	62
4.5	Analisis Komponen Biaya.....	64
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>		<b>66</b>
5.1	Jenis Distribusi Komponen .....	66
5.1.1	Cylinder K-3-02.....	66
5.1.2	Cylinder K-5-02.....	67
5.1.3	Valve K-1-01 .....	68
5.2	Keandalan Komponen.....	69
5.2.1	Cylinder K-3-02.....	69
5.2.2	Cylinder K-5-02.....	70
5.2.3	Valve K-1-01 .....	70
5.3	Kebijakan Perawatan.....	71
5.4	<i>Opportunity Loss</i> .....	72
5.5	Biaya Perawatan.....	73
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>76</b>
6.1	Kesimpulan .....	76
6.2	Saran.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>78</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi kompresor.....	41
Tabel 4. 2 Persentase kerusakan tiap tag number .....	42
Tabel 4. 3 Jumlah kerusakan komponen.....	45
Tabel 4. 4 Perhitungan distribusi normal K-3-02 .....	46
Tabel 4. 5 Perhitungan distribusi lognormal K-3-02 .....	47
Tabel 4. 6 Perhitungan distribusi weibull K-3-02.....	48
Tabel 4. 7 Perhitungan distribusi eksponensial K-3-02.....	49
Tabel 4. 8 Hasil index of fit K-3-02.....	50
Tabel 4. 9 Perhitungan distribusi normal K-5-02 .....	51
Tabel 4. 10 Perhitungan distribusi lognormal K-5-02 .....	52
Tabel 4. 11 Perhitungan distribusi weibull K-5-02.....	53
Tabel 4. 12 Perhitungan distribusi eksponensial K-5-02.....	54
Tabel 4. 13 Hasil index of fit K-5-02.....	55
Tabel 4. 14 Perhitungan distribusi normal K-1-01 .....	55
Tabel 4. 15 Perhitungan distribusi lognormal K-1-01 .....	56
Tabel 4. 16 Perhitungan distribusi weibull K-1-01.....	57
Tabel 4. 17 Perhitungan distribusi eksponensial K-1-01 .....	58
Tabel 4. 18 Hasil index of fit K-1-01.....	59
Tabel 4. 19 Reliabilitas K-3-02.....	60
Tabel 4. 20 Reliabilitas K-5-02.....	62
Tabel 4. 21 Reliabilitas K-1-01.....	63
Tabel 4. 22 Komponen biaya perawatan .....	64
Tabel 5. 1 Nilai Distribusi K-3-02 .....	66
Tabel 5. 2 Hasil distribution fit K-3-02 .....	67
Tabel 5. 3 Nilai Distribusi K-5-02 .....	67
Tabel 5. 4 Hasil distribution fit K-5-02 .....	68
Tabel 5. 5 Nilai Distribusi K-1-01 .....	68
Tabel 5. 6 Hasil distribution fit K-1-01 .....	68
Tabel 5. 7 Kebijakan perawatan .....	71
Tabel 5. 8 Waktu breakdown sebelum kebijakan .....	73
Tabel 5. 9 Waktu breakdown sesudah kebijakan.....	73
Tabel 5. 10 Biaya perawatan sebelum kebijakan.....	74
Tabel 5. 11 Biaya perawatan sesudah kebijakan .....	74
Tabel 5. 12 Selisih biaya perawatan .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah kerusakan tiap MA .....	4
Gambar 1. 2 Pengaruh unplanned maintenance terhadap cost .....	5
Gambar 2. 1 Kurva Distribusi Eksponensial .....	27
Gambar 2. 2 Kurva Distribusi Normal.....	28
Gambar 3. 1 Alur penelitian .....	34
Gambar 3. 2 Alur pengolahan data .....	37
Gambar 4. 1 Jumlah kerusakan kompresor.....	41
Gambar 4. 2 Data kerusakan kompresor.....	42
Gambar 4. 3 Kerusakan K-3-02.....	43
Gambar 4. 4 Kerusakan K-5-02.....	44
Gambar 4. 5 Kerusakan K-1-01.....	45
Gambar 5. 1 Simulasi PM K-3-02 .....	69
Gambar 5. 2 Simulasi PM K-5-02 .....	70
Gambar 5. 3 Simulasi PM K-1-01 .....	71



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Persaingan industri dari tahun ke tahun semakin ketat, perkembangan zaman mendorong perusahaan untuk terus berupaya meningkatkan profit dengan berbagai cara mulai dari strategi bisnis yang terus diperbarui hingga aspek kualitas dan kapasitas mesin yang terus ditingkatkan. Pada dasarnya sebuah perusahaan akan terus melakukan perbaikan dalam penjalanannya, perusahaan dituntut untuk dapat menentukan strategi yang diambil dalam berbagai kondisi salah satunya mengenai strategi perawatan. Berbicara mengenai perawatan tentunya akan berhubungan dengan kapan sebuah mesin harus dilakukan perbaikan atau perawatan rutin serta seberapa lama suatu mesin dapat hidup menurut siklusnya dan juga berhubungan dengan *downtime* yang diperlukan untuk perawatan tersebut. Dalam melakukan perawatan salah satu bagian dari mesin tersebut, diperlukan kebijakan untuk menentukan kelanjutan sebuah mesin yang dimiliki, apakah perlu dipertahankan dengan mempertimbangkan biaya perawatannya atau perlu penggantian dengan mesin baru apabila nilai yang diberikan sudah tidak optimal lagi.

Perusahaan dalam bidang energi pastinya memiliki aset berupa mesin untuk melakukan proses produksi maupun sebagai pendukung dalam proses produksi tersebut. Salah satu tolak ukur perusahaan dapat dilihat dari jumlah output yang dihasilkan apakah dapat memenuhi kebutuhannya. Untuk terus konsisten dalam menghasilkan output yang tinggi perlu dilakukannya pengawasan terhadap mesin-mesin yang digunakan selama proses produksi tersebut.

Berbicara mengenai mesin-mesin, tentunya tidak lepas dari bentuk aset perusahaan dan bagaimana cara mengelola aset. Menurut Gima Sugima (2013) Manajemen aset adalah ilmu dan seni untuk memandu manajemen kekayaan yang mencakup proses perencanaan kebutuhan aset, memperoleh, menginventarisir, mengaudit, menilai, mengoperasikan, memelihara, membuat atau menghilangkan, serta mentransfer aset secara efektif dan efisien. Investasi dilakukan oleh perusahaan untuk mengelola keseluruhan aset mereka sehingga diharapkan investasi tersebut telah sesuai dan tidak merugikan perusahaan. Semakin besar dan kompleks sebuah perusahaan maka semakin besar juga nilai investasi yang diperlukan.

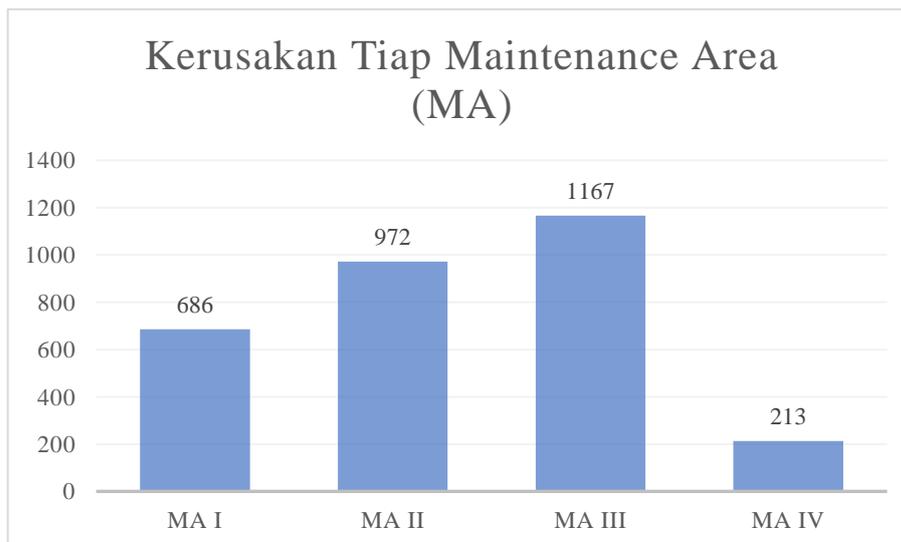
Dalam pengelolaan aset, salah satu cara dapat berupa perawatan terhadap suatu fungsi dari fasilitas yang dimana dengan adanya perawatan tersebut, diharapkan nilai dari fungsi akan tetap terjaga sesuai dengan ketentuan perusahaan. Pengelolaan perawatan yang baik dapat berdampak langsung terhadap nilai aset yang dimiliki perusahaan. Terjadinya kegiatan perawatan yang memerlukan waktu dalam perbaikannya berakibat hilangnya kesempatan perusahaan untuk dapat menjalankan proses produksinya.

Metode *Reliability Centerd Maintenance* (RCM) menurut Moubray (1997) merupakan metode yang bertujuan untuk menentukan bentuk strategi dalam menjaga aset agar dapat dalam keadaan optimal untuk melakukan proses produksinya dan dapat sesuai dengan harapan. RCM juga dapat dikatakan sebagai pendekatan perawatan yang mengkombinasikan antara *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memanfaatkan umur dan fungsi aset atau sistem dengan meminimalkan *cost* yang ada (Henley, 1981). Kegiatan *preventive maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum kerusakan terjadi dan *corrective maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan apabila kerusakan terjadi dan diperlukan perbaikan segera. Menurut Silva (2008) tujuan dari *preventive maintenance* berupa tercapainya ketersediaan (*availability*) dan keandalan (*reliability*) pada sistem dengan cara menurunkan *downtime* yang dapat mempengaruhi biaya perawatan.

Perusahaan yang memiliki kompleksitas tinggi bergerak pada bidang energi dengan besarnya aset yang dimiliki tentu diperlukan manajemen yang baik didalamnya. PT. Pertamina RU V Balikpapan merupakan salah satu dari enam kilang yang dimiliki

Pertamina dengan produk andalan berupa avture. Selain itu kilang tersebut juga menghasilkan produk lain dengan tujuan penyaluran ke Indonesia bagian timur sehingga RU V bertanggung jawab terhadap pasokan energi ke wilayah tersebut. Ketersediaan energi ditopang dengan mesin-mesin yang bekerja selama 24 jam tanpa henti sehingga pengawasan terhadap mesin yang ada juga lebih ditingkatkan mengingat apabila sebuah *plant* berhenti maka perusahaan akan menanggung kerugian yang sangat besar dan berakibat pada pasokan energi di Indonesia bagian timur. Salah satu departemen yang bertanggung jawab dalam perawatan aset adalah Departemen *Rotating Engineering* dimana seluruh aset yang dikelola memiliki risiko kerusakan tinggi sehingga perlu adanya manajemen perawatan yang sesuai untuk setiap asetnya, dimana aset tersebut merupakan alat pendukung dalam proses pengolahan *crude oil* yang diharapkan memiliki *availability* tinggi sehingga terjadinya *unplanned maintenance* dapat dihindari.

Keberhasilan dari *rotating engineering* berupa perawatan yang terjadwal dan tepat waktu karena dengan demikian perusahaan akan mengalokasikan biaya serta waktu yang diterapkan untuk perawatan tersebut. Apabila terjadi *unplanned maintenance* maka kemungkinan dapat mengganggu kinerja kilang. Departemen tersebut bertanggung jawab terhadap perawatan mesin dengan sistem kerja berotasi pada *Maintenance Area* (MA) I sampai dengan IV, dari *Maintenance Area* tersebut, masing-masing memiliki cakupan yang berbeda-beda. Untuk penelitian ini akan dilakukan perbaikan strategi perawatan yang dapat diterapkan untuk mesin pada *Maintenance Area* II dan III dimana kedua area tersebut memiliki equipment pada *plant Hydroskimming Complex* (HSC) dan *plan Hydrocracking Complex* (HCC) yang dimana merupakan bagian dari pengolahan *crude oil* milik Pertamina RU V.

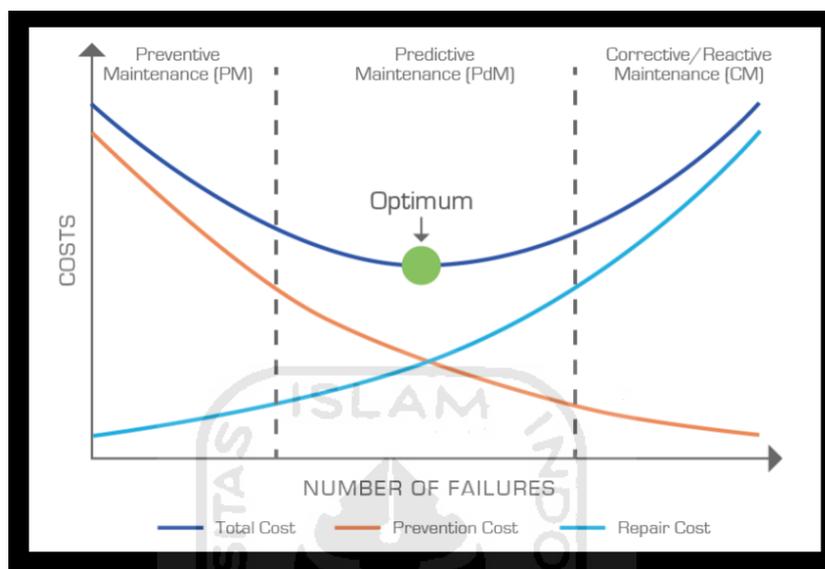


Gambar 1. 1 Jumlah kerusakan tiap MA

Berdasarkan Gambar 1.1, diketahui bahwa kerusakan yang tinggi ada pada MA II dan MA II, salah satu aset yang dikelola oleh Departemen *rotating engineering* berupa kompresor yang digunakan untuk pengkompresan gas agar dapat dipindahkan ke tempat lain. Dari *record* tersebut diketahui bahwa perawatan dilakukan untuk menggantikan *part* yang rusak dan *part* tersebut selalu mengalami perbaikan dimana dapat dikatakan bahwa *part* dalam kategori kritis. Berdasarkan data yang diperoleh, *bagian rotating engineering* masih mengandalkan data *unplanned maintenance* sehingga tidak adanya standarisasi mengenai waktu dilakukannya perawatan pada aset yang dikelolanya. Dengan adanya *unplanned maintenance* tersebut dapat menimbulkan kerugian terhadap biaya perawatan yang seharusnya dapat ditekan dengan menerapkan standarisasi waktu perawatan dan juga bentuk perawatan yang tepat. Potensi kerugian dapat terjadi karena adanya perawatan mendadak tanpa persiapan sebelumnya.

Terdapat risiko munculnya *opportunity loss* berupa biaya perawatan dari Departemen *Rotating Engineering* yang berasal dari *unplanned maintenance*, selain itu penghitungan waktu antar kerusakan mesin yang belum dimiliki oleh departemen tersebut menambah tingginya risiko tersebut. Tidak terencana sistem perawatan pada perusahaan yang menghasilkan komoditas tertentu akan menimbulkan dampak kerugian sangat besar. Kejadian rusaknya mesin karena perawatan yang tidak optimal akan berpotensi munculnya kerugian biaya mulai dari penghentian mesin yang mendadak, berhentinya proses produksi hingga terlambatnya penyediaan hasil produksi untuk

didistribusikan kepada konsumen. Oleh karena itu perencanaan perawatan juga diperlukan untuk menghindari potensi kerugian finansial tersebut. Gambar 1.2 dibawah ini merupakan pengaruh strategi perawatan terhadap biaya perawatan salah satunya *unplanned maintenance*.



Gambar 1. 2 Pengaruh unplanned maintenance terhadap cost  
 Sumber : (<https://www.getmaintainx.com/what-is-preventative-maintenance>)

Penelitian akan berfokus pada perancangan jadwal perawatan serta biaya perawatan yang dikeluarkan untuk mesin kompresor dikarenakan jumlah kerusakan yang terjadi selama periode 2014-2020 dan pengaruh kerusakan terhadap proses produksi. Mesin tersebut dikelola oleh Departemen *Rotating Engineering* dengan menggunakan metode *Reliability Centerd Maintenance (RCM)*. Pengolahan data dimulai dengan mencari *record* dari perawatan tersebut sehingga diperoleh *part* kritis, maka langkah selanjutnya dilakukan analisis waktu kerusakan untuk mesin tersebut dan juga mencari nilai keandalan saat mesin mengalami kerusakan kemudian akan dilakukan penjadwalan perawatan terhadap nilai keandalan masing-masing mesin. Hasil dari penjadwalan akan didapatkan bentuk perawatan yang diperlukan dan *downtime* yang dimiliki untuk setiap perawatannya . Oleh karena itu, penentuan jadwal perawatan dan bentuk perawatan yang diperlukan dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan perawatan dikemudian hari serta biaya yang ditimbulkan dari adanya kebijakan perawatan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk kebijakan perawatan dan penjadwalan perawatan pada komponen kompresor untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu downtime kompresor serta berapa selisih biaya yang dihasilkan antara kebijakan baru dengan kebijakan lama?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan pembatasan ruang lingkup penelitian sehingga pembahasan yang dilakukan dan penarikan kesimpulan akan lebih terarah. Beberapa batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan di PT Pertamina RU V Balikpapan
- 2) Hanya berdasarkan pada data dari Departemen *Rotating Engineering*
- 3) Data yang diperoleh hanya dari wawancara serta observasi langsung pada unit *Rotating Engineering*
- 4) Penjadwalan hanya untuk perawatan ringan, bukan perawatan *overhaul* (OH) maupun *Turn Around* (TA)

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki tujuan untuk mengetahui kebijakan perawatan dan penjadwalan perawatan pada komponen kompresor dalam meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu downtime kompresor serta mengetahui berapa selisih biaya yang dihasilkan antara kebijakan baru dengan kebijakan lama.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya:

- 1) Mengetahui material kritis dari Departemen *Rotating Engineering* yang perlu dilakukan evaluasi.

- 2) Melakukan evaluasi penjadwalan perawatan yang belum dilaksanakan.
- 3) Mengetahui selisih biaya perawatan sebelum dan setelah kebijakan baru.
- 4) Diharapkan dapat digunakan sebagai referensi bacaan bagi pembaca dan sebagai dasar pengembangan untuk penelitian kedepannya.

## **1.6 Sistematika Penelitian**

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis ke dalam beberapa bab, dan masing-masing bab akan diuraikan sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang latar belakang yang diambil mengenai permasalahan yang ada pada perusahaan PT. Pertamina RU V Balikpapan pada Departemen *Rotating Engineering*. Penelitian dilakukan untuk dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan perawatan pada departemen *rotating engineering*, batasan-batasan masalah pada penelitian ini, data hanya didapatkan pada departemen *rotating engineering* PT. Pertamina RU V Balikpapan yang ditetapkan sebagai jangkauan penelitian, tujuan dari penelitian untuk mendapatkan penjadwalan perawatan terbaik untuk departemen *rotating engineering*, manfaat penelitian baik bagi penulis, pembaca, maupun perusahaan dan sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir.

### **BAB II : KAJIAN LITERATUR**

Bab ini berisikan pemaparan kajian secara deduktif dan induktif yang didapatkan dari artikel-artikel serta jurnal penelitian di *google scholar*, kajian literatur dilakukan untuk mencari tahu mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk menentukan metode yang sesuai pada permasalahan penelitian ini serta mengetahui teori-teori penunjang yang digunakan sebagai landasan dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian dan menjawab rumusan masalah, serta literatur dan penelitian sebelumnya.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab yang berisi tentang uraian metode pengumpulan data, cara pengolahan dan analisis data serta diagram alir penelitian. Pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan dari data primer dan sekunder kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan pareto

diagram untuk melihat kelompok data dan dilanjutkan mencari distribusi data serta nilai reliabilitas.

#### **BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisi pengumpulan data-data yang akan diolah sesuai dengan penelitian yang dilakukan, serta pengolahan data untuk menyelesaikan kasus yang diangkat. Pengolahan data pertama dilakukan untuk mencari komponen kritis menggunakan diagram pareto, kemudian dilanjutkan menentukan bentuk distribusi data kerusakan dari komponen kritis tersebut dan dilanjutkan simulasi *Predictive Maintenance* (PM) berdasarkan bentuk distribusi. Langkah selanjutnya berupa penjadwalan ulang berdasarkan data distribusi kerusakan dibandingkan dengan saran penjadwalan baru.

#### **BAB V : PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang pembahasan terhadap data-data yang telah diolah menggunakan landasan berupa teori-teori penunjang penelitian yang telah disajikan pada BAB II. Hasil dari pengolahan data terjadi penurunan waktu *breakdown* setelah adanya penjadwalan perawatan baru dan juga terdapat selisih biaya setelah adanya kebijakan perawatan baru untuk departemen tersebut.

#### **BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab yang berisikan kesimpulan dari pembahasan penelitian yang telah dilakukan dengan menjawab rumusan masalah yang telah diajukan, serta berisi saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka berisikan semua referensi yang digunakan sebagai rujukan dalam melakukan penelitian yang berupa nama penulis, judul tulisan, penerbit, identitas penerbit, dan tahun terbit.

#### **LAMPIRAN**

Lampiran berisikan dokumen pendukung yang ditambahkan pada dokumen utama

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur digunakan untuk mengetahui dasar teori yang sesuai dengan permasalahan pada penelitian ini dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan metode terkait. Selain itu, juga untuk mengetahui bagaimana penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kajian literatur juga digunakan untuk mencari *state of art* dari penelitian yang akan dilaksanakan. Literatur yang digunakan berasal dari artikel-artikel, penelitian, dan jurnal-jurnal yang telah dilakukan terdahulu.

#### 2.1 Kajian Induktif

Penelitian mengenai *Reliability Center Maintenance* (RCM) telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai data identifikasi komponen kritis. Penelitian yang dilakukan mengenai RCM ialah pengimplementasian untuk mengetahui komponen kritis karena dinilai penting dalam perawatan di dunia industri yang termasuk dalam langkah dalam RCM (Gupta and Mishra 2018). Tujuan dari penelitian tersebut untuk mengetahui faktor yang berhubungan dengan komponen kritis pada mesin CNC *lathe* menggunakan bantuan *Analytic Network Process* (ANP). Pelaksanaan penelitian ini dilakukan berdasarkan metode RCM dimana menentukan komponen kritis berdasarkan hasil ANP, dalam menentukan kriterianya dibagi menjadi 5 kluster yaitu *cost*, *Functional dependencies*, *Complexity*, *Maintainability*, dan *Safety impact*. Kemudian hasil tersebut dilakukan pembobotan untuk mengetahui komponen yang kritis dalam mesin CNC *lathe*. Hasil penelitian ini didapatkan komponen dengan tingkat kritis tinggi berdasarkan hasil pembobotan yang telah dilakukan. Identifikasi komponen merupakan langkah penting

dalam perawatan, RCM memiliki kerangka kerja yang sesuai dalam pengelolaan kompleksitas masalah pemeliharaan.

Penelitian menggunakan metode RCM juga dilakukan untuk mengoptimalkan perawatan pada mesin kritis pada *line production* pipa baja menggunakan bantuan FMEA dan analisis ABC yang dipadukan dengan FTA (Prasetya and Ardhyani 2018). Tujuan dari penelitian ini berupa usulan untuk manajemen perawatan pada mesin produksi pipa baja tersebut dengan melakukan analisis ABC untuk mendapatkan komponen kritis kemudian dilakukan analisis FMEA hingga didapatkan nilai RPN tertinggi dari komponen kritis. Analisis FTA juga digunakan untuk mencari tahu penyebab dari kerusakan komponen, kemudian dilakukan uji distribusi untuk menentukan interval perawatan. Hasil penelitian didapatkan komponen kritis berdasarkan nilai RPN dan juga adanya optimalisasi waktu interval perawatan.

Penerapan metode RCM juga dapat dilakukan untuk meminimalkan biaya perawatan pada generator pada Mindanao Grid dengan cara menghilangkan *preventive maintenance* yang tidak diperlukan sehingga juga dapat mereduksi kejadian pemadaman listrik di Mindanao (Lagrada et al. 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kepentingan dari generator menggunakan *Expected Energy Not Served* (EENS) sebagai indeks risiko, membuat alternative jadwal perawatan *preventive*, menentukan jadwal perawatan terbaik berdasarkan analisis ekonomi, EENS risiko terendah, *unreliability* dan biaya *preventive* terendah. Dalam penerapannya dilakukan Langkah pengumpulan data-data yang digunakan untuk *input* data simulasi aliran kemudian pembuatan daftar generator dari sistem berdasarkan tingkat kepentingannya menggunakan analisis keandalan sistem. Pembuatan jadwal pemeliharaan berdasarkan tingkat kepentingan dari generator, kemudian dilakukan penghitungan alternative menggunakan EENS dan didapatkan analisis ekonomi berdasarkan jadwal perawatan *preventive*. Hasil dari penelitian ini berupa penurunan biaya perawatan dengan alternatif jadwal perawatan yang baru, implementasi ini juga meningkatkan keandalan sistem dan menurunkan kejadian pemadaman listrik.

Optimalisasi dan pemilihan kebijakan perawatan juga dilakukan menggunakan model RCM pada gas turbin generator elektrik (Alrifaey et al. 2020). Penelitian ini

dilakukan untuk mencari mengisi celah dan titik optimal dalam kebijakan perawatan dan penjadwalan dengan perpaduan *Hybrid Linguistic-Failure Mode and Effect Analysis* (HL-FMEA), algoritma Co-evolutionary Multi-objective *Particle Swarm Optimization* (CMPSO), *Analytic Network Process* (ANP), and *Developed Maintenance Decision Tree* (DMDT). Penggunaan HL-FMEA lakukan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan moda kegagalan yang ada, kemudian *objective functions* ditentukan dan dilakukan pemodelan untuk permasalahan perawatan dan CMPSO digunakan untuk mencari solusi tujuan yang optimal. ANP digunakan untuk menentukan bobot dari kriteria yang sudah ada dan menentukan alternatifnya, kriteria tersebut ada 6 yaitu biaya perawatan, kerugian produksi, keselamatan, lingkungan, kompleksitas perawatan, ketidak tersediaan suku cadang. DMDT digunakan sebagai penentuan keputusan kebijakan perawatan dan penjadwalan setelah tahap CMPSO dan ANP. Berdasarkan studi kasus pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa model RCM dapat digunakan untuk optimasi risiko dan biaya dengan mengurangi keandalan.

Penggunaan metode RCM juga dilakukan untuk perusahaan obat-obatan dan permen dengan usulan mengenai kebijakan perawatan dan penentuan jumlah suku cadang yang diperlukan (Sanjani, Alhilman, and Athari 2018). Tujuan penelitian tersebut untuk menentukan bentuk perawatan sesuai dengan karakteristik mesin menggunakan RCM serta penentuan jumlah kebutuhan suku caang menggunakan metode *Relibility Centered Spares* (RCS). Metode RCM menekankan mengenai karakteristik keandalan pada sebuah sistem maupun komponen untuk menghindari tingkat kegagalan yang berdampak pada biaya operasional serta keselamatan kerja dan lingkungan. Hasil dari RCM digunakan untuk mengetahui komponen yang masuk dalam kategori kritis. Pentingnya RCS untuk mengatur kebutuhan suku cadang yang diperlukan, RCS didapatkan perhitungan jumlah suku cadang yang sesuai untuk mesin Eurosicma E75 DS. Hasil penelitian didapatkan jadwal perawatan mengikuti kondisi mesin, jadwal perawatan restorasi, perawatan pembuangan dan jadwal perawatan berdasarkan *Run to Failure*, biaya perawatan dapat diturunkan sampai lebih dari 300 juta. Komponen yang termasuk dalam komponen tidak dapat diperbaiki sejumlah 24 buah berdasarkan hasil dari RCS.

Metro transport merupakan moda transportasi yang menguntungkan dari segi kapasitas, kecepatan, ketepatan waktu, hingga ramah lingkungan. Penerapan RCM juga

digunakan pada metro transport dalam hal perawatan salah satu komponen penting dalam moda transportasi tersebut yaitu *Metro Door System* (MDS) (Fang et al. 2019). Tujuan dari penelitian tersebut berupa penerapan RCM untuk perawatan MDS. Penentuan komponen dari MDS diperlukan, kemudian dilakukan FMECA Fuzzy untuk menentukan 10 moda kegagalan dari 5 komponen dengan tingkat kekegagalan tinggi pada keandalannya. RCM dilakukan setelah keputusan dari moda perawatan dan perhitungan siklus interval perawatan didapatkan yang kemudian menjadi dasar perawatan metro train. RCM dapat membantu dalam pengambilan keputusan dalam pemeliharaan agar memberikan nilai keandalan lebih untuk menyeimbangkan dari segi keamanan dan ekonomi.

Penelitian mengenai RCM juga diterapkan pada *tugboat* yaitu kapal pembantu yang digunakan untuk menarik kapal besar menuju maupun keluar dari Pelabuhan untuk bersandar (Priyanta, Siswantoro, and Pratiwi 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tugas perawatan dan penjadwalan perawatan yang tepat untuk *main engine tugboat*. Penelitian ini dilakukan karena berdasarkan data perusahaan tahun 2018 menyatakan bahwa *main engine* mengalami kerusakan yang berhubungan dengan tingkat keandalan dan berpengaruh pada target yang tidak tercapai. *Function Block Diagram* (FBD) dilakukan untuk mengetahui kubungan antara fungsi dari sistem yang ada, selain itu juga untuk menjelaskan hubungan dan aliran kerja antar fungsi. Pengimplementasian RCM menggunakan FMECA dengan pemanfaatan *American Bureau Of Shipping* (ABS) untuk peningkatan keandalan pada sistem kapal. Hasil penelitian berupa tugas perawatan dan penjadwalan didapatkan dari analisis FMECA sebelumnya, didapatkan 7 item berada pada level keparahan yang kecil, 4 item pada level keparahan besar, 7 item pada level kritis dan 5 item pada level katastrofik. Kemudian dari hasil FMECA didapatkan tiga kategori perawatan, 15% kategori A, 85% kategori B, dan 0% kategori C. Untuk penanganan dari moda kegagalan dibagi menjadi 4 kelompok, 47% memerlukan PM, 40% memerlukan CM, 10% memerlukan *Run to Failure*, dan 3% memerlukan pemeliharaan yang diperlukan prediksi untuk mengurangi kegagalan.

Tingginya *downtime* pada mesin berpengaruh pada terganggunya sebuah proses produksi. Sehingga diperlukan RCM untuk menentukan prioritas dari moda kerusakan mesin (Rizky et al. 2019). Tujuan penelitian ini untuk merencanakan kegiatan PM yang

diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin produksi dan meningkatkan kelancaran proses produksi. Tahapan yang dilakukan pertama berupa identifikasi tingkat kerusakan pada mesin sterilisasi menggunakan metode FMEA, hasil dari identifikasi ditentukan rencana perawatan menggunakan RCM. Hasil dari FMEA didapatkan 5 komponen yang berada dalam kondisi risiko tinggi yaitu *IGBT*, *Mosfet*, *bearing bushings*, *rool former*, dan *v-block*. Perancangan perawatan didapatkan nilai *Total Minimum Downtime* (TMD) untuk interval penggantian yang optimum pada komponen *IGBT*, *Mosfet*, *bearing bushings*, *rool former*, dan *v-block* secara berurutan adalah 26 hari, 23 hari, 22 hari, 24 hari, dan 25 hari. Berdasarkan rekomendasi RCM berdampak positif dimana terdapat penurunan *downtime* sebesar 37,13% dan peningkatan keandalan. Penerapan RCM menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat menurunkan *downtime* mesin.

Metode RCM juga berhasil diterapkan pada perencanaan perawatan mesin pump pada salah satu perusahaan pupuk di Indonesia (Utomo, B, and K 2018). Tujuan dari penelitian ini berupa identifikasi moda kegagalan serta efek yang dapat ditimbulkan kemudian cara penanganan pada mesin pompa sebagai rencana pemeliharaan baru untuk perusahaan. Penelitian didahului dengan penentuan data yang kemudian dilakukan analisis menggunakan RCM untuk mendapatkan perencanaan perawatan, tahapan dalam penelitian ini penyusunan FMEA untuk menentukan kegagalan fungsi, kemudian pencarian penyebab kegagalan menggunakan *Root Cause Failure Analysis*. Penelitian ini juga melakukan pengukuran terhadap ketersediaan mesin, nilai laju kegagalan. Hasil dari penelitian ini didapatkan kategori dari moda kegagalan yang terbagi menjadi 4 kategori, 45% kategori A, 22% kategori B dan C, 11% kategori D. Ketersediaan mesin pompa berada pada angka 92,76 % dengan kode 107-JB, 86,31% untuk kode 107-JA, dan 84,44% untuk kode 107-JCM. Nilai laju kegagalan juga didapatkan 0,105 untuk pompa 107-JA, 0,08 untuk pompa 107-JCM dan 0,038 untuk pompa 107-JB. Dengan demikian metode RCM dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi kerja serta meningkatkan PM.

Penerapan RCM juga dapat dilakukan untuk mengurangi *downtime* excavator (Auda and Suparno 2019). Permasalahan yang terjadi pada objek penelitian ini berupa banyaknya *downtime* yang tidak dapat diprediksi dan juga perawatan yang relative lama, kerusakan pada komponen juga berakibat pada ketidak mampuan unit untuk

meningkatkan jumlah produksinya. Perawatan yang telah diterapkan juga belum optimal disebabkan oleh tingginya *downtime* sehingga perlu adanya perbaikan terhadap bentuk perawatan yang telah dilakukan sebelumnya untuk meminimalkan *downtime* dan meningkatkan produksi. Metode penelitian ini menggunakan RCM untuk memberikan saran perawatan excavator. Penggunaan FMEA diperuntukan dalam pencarian komponen kritis yang ada. Hasil dari penelitian ini didapatkan komponen kritis dari mesin excavator dan metode perawatan yang cocok digunakan untuk tiap komponennya, pada komponen *bucket*, *hydraulic breakes*, dan radiator menggunakan strategi PM, sedangkan komponen *control valve* dan *altenator* menggabungkan antara PM dan CM.

Berikut ini merupakan rangkuman mengenai 10 penelitian yang sudah dipaparkan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
1	Gupta & Mishra	<i>Identification of Critical Components using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance</i>	2018	ANP	Penelitian ini menggunakan metode ANP dalam menentukan hubungan antara komponen kritis dengan 5 faktor yang mempengaruhi dalam perawatan. Hasil penelitian ini didapatkan komponen dengan tingkat kritis tinggi berdasarkan hasil pembobotan yang telah dilakukan. Identifikasi komponen merupakan langkah penting dalam perawatan, RCM memiliki kerangka kerja yang sesuai dalam pengelolaan kompleksitas masalah pemeliharaan.
2	Dwi Prasetya & Ika Widya Ardhyani	<i>Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan</i>	2018	FMEA FTA	Hasil penelitian didapatkan komponen kritis berdasarkan nilai RPN dan juga adanya optimalisasi waktu interval perawatan.

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
		<i>Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm)</i>			Terdapat 11 komponen kritis yang memiliki nilai RPN tertinggi, 11 komponen tersebut diidentifikasi untuk mendapatkan nilai MTTR dan MTTF. Bearing menjadi komponen dengan nilai RPN tertinggi yaitu 512, MTTR 3.56259, MTTF 730.537 dan interval perawatan selama 504.64 jam.
3	Lagrada R.M., Bersano Jr. R.F., Carino A.J., Sombilon S.G., Santiago R.V.M & Pacis, M.C.	<i>Implementation of Maintenance Program to the Generators of the Mindanao Grid using Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	2018	EENS	Penggunaan metode EENS untuk mengetahui tingkat kepentingan penggunaan generator. Jadwal alternatif untuk perawatan juga ditentukan, didapatkan 2 jadwal perawatan yang dapat berdampak pada meningkatnya keandalan mesin. Hasil dari penelitian ini berupa penurunan biaya perawatan dengan alternatif jadwal perawatan yang baru, implementasi ini juga meningkatkan keandalan sistem dan menurunkan kejadian pemadaman listrik.
4	Moath Alrifaey, Tang Sai Hong, Azizan As'arry, Eris Elianddy Supeni & Chun Kit Ang	<i>Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model</i>	2020	HL-FMEA, CMPSO, ANP, DMDT	Penggunaan HL-FMEA lakukan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan moda kegagalan yang ada, kemudian objective functions ditentukan dan dilakukan pemodelan untuk permasalahan perawatan dan CMPSO digunakan untuk mencari solusi tujuan yang optimal. ANP digunakan untuk menentukan bobot dari kriteria yang sudah

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
					ada dan menentukan alternatifnya, kriteria tersebut ada 6 yaitu biaya perawatan, kerugian produksi, keselamatan, lingkungan, kompleksitas perawatan, ketidaktersediaan suku cadang. DMDT digunakan sebagai penentuan keputusan kebijakan perawatan dan penjadwalan setelah tahap CMPSO dan ANP. Berdasarkan studi kasus pada penelitian ini, didapatkan hasil perbandingan dari RCM dengan Hybrid RCM dengan perbedaan hasil keandalan pada kedua hasil tersebut, pada hasil RCM nilai keandalan sebesar 88,2% sedangkan pada hybrid RCM mencapai 96.23% dan juga terdapat perbedaan biaya pada kedua hasil tersebut.
5	Tatiara Sanjani, Judi Alhilman & Nurdinintya Athari	<i>Proposed Maintenance Policy and Determining Sparepart Amount Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Reliability Centered Spares (RCS) for Eurosicma E 75 Machine</i>	2018	RCS	Menggunakan Metode RCS didapatkan jumlah kebutuhan sukucadang yang diperlukan berdasarkan kategori komponen kritis yang telah dilakukan analisis sebelumnya. Hasil penelitian ini berupa 11 jadwal perawatan mengikuti kondisi mesin, 4 jadwal restorasi, dan 2 jadwal berdasarkan <i>Run to Failure</i> . Biaya perawatan yang dikeluarkan sebesar Rp. 237,063,659,829.68
6	Feng Fang, Zhi-Jie Zhao, Chao Huang, Xin-	<i>Application of Reliability-Centered Maintenance in</i>	2019	FMECA fuzzy	FMECA Fuzzy digunakan untuk menentukan 10 moda kegagalan dari 5 komponen dengan tingkat

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
	Yin Zhang, Hong-Tu Wang & Yuan-Jian Yang	<i>Metro Door System</i>		AHP	kekegagalan tinggi pada keandalannya. Didapatkan bentuk perawatan untuk 5 komponen tersebut berdasarkan dengan keperluannya. Selain itu juga didapatkan interval waktu perawatan untuk 8 moda kegagalan, interval terlama ada pada moda kegagalan <i>plug loosening</i> dengan interval 966.096 jam. Sementara interval tercepat ada pada moda kegagalan fungsi dengan interval 396.024 jam. Dengan demikian RCM dapat membantu dalam pengambilan keputusan dalam pemeliharaan agar memberikan nilai keandalan lebih untuk menyeimbangkan dari segi keamanan dan ekonomi.
7	Dwi Priyanta, Nurhadi Siswanto & Madina Nur Pratiwi	<i>Implementation of Reliability Centered Maintenance Method for the Main Engine of Tugboat X to Select the Maintenance Task and Schedule</i>	2020	FMECA, ABS	Pengimplementasian RCM menggunakan FMECA dengan pemanfaatan <i>American Bureau Of Shipping (ABS)</i> untuk peningkatan keandalan pada sistem kapal. Hasil penelitian berupa tugas perawatan dan penjadwalan didapatkan dari analisis FMECA sebelumnya, didapatkan 7 item berada pada level keparahan yang kecil, 4 item pada level keparahan besar, 7 item pada level kritis dan 5 item pada level katastrofik. Kemudian dari hasil FMECA didapatkan tiga kategori perawatan, 15% kategori A, 85% kategori B, dan 0% kategori C. Untuk penanganan dari moda

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
8	Indah Rizkya, Ikhsan Siregar, Khawarita Siregar, Rahim Matondang & Enrico Waldo Henri	<i>Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode</i>	2018	FMEA	<p>kegagalan dibagi menjadi 4 kelompok, 47% memerlukan PM, 40% memerlukan CM, 10% memerlukan <i>Run to Failure</i>, dan 3% memerlukan pemeliharaan yang diperlukan prediksi untuk mengurangi kegagalan.</p> <p>RCM juga diterapkan dalam menentukan prioritas dari kegagalan mesin. FMEA digunakan untuk melakukan identifikasi tingkat kerusakan pada mesin sterilisasi, dan hasil identifikasi didapatkan 5 komponen yang berada dalam kondisi risiko tinggi yaitu <i>IGBT, Mosfet, bearing bushings, rool former</i>, dan <i>v-block</i>. Setelah dilakukan identifikasi <i>Total Minimum Downtime (TMD)</i> interval penggantian yang optimum pada komponen <i>IGBT, Mosfet, bearing bushings, rool former</i>, dan <i>v-block</i> secara berurutan adalah 26 hari, 23 hari, 22 hari, 24 hari, dan 25 hari.</p>
9	Moch. Rezza Wira Utomo, Hari Arbiantara B, Muh. Nurkoyim K.	<i>Perencanaan Perawatan Mesin Pump 107 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Petrokimia Gresik</i>	2018	FMEA, RCA	<p>Identifikasi moda kegagalan serta efek yang dapat ditimbulkan dilakukan menggunakan FMEA, kemudian RCA digunakan untuk mengetahui penyebab dari kegagalan tersebut. Dilakukan pula pengukuran terhadap ketersediaan mesin dan nilai laju kegagalan Hasil dari penelitian ini didapatkan kategori dari</p>

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
					<p>moda kegagalan yang terbagi menjadi 4 kategori, 45% kategori A, 22% kategori B dan C, 11% kategori D. Ketersediaan mesin pompa berada pada angka 92,76 % dengan kode 107-JB, 86,31% untuk kode 107-JA, dan 84,44% untuk kode 107-JCM. Nilai laju kegagalan juga didapatkan 0,105 untuk pompa 107-JA, 0,08 untuk pompa 107-JCM dan 0,038 untuk pompa 107-JB</p>
10	Sidiq Auda & Suparno	 <p><i>The Analysis of Doosan S500-LCV Excavator Maintenance Planning to Reduce Downtime Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Method</i></p>	2019	FMEA	<p>Penggunaan FMEA diperuntukan dalam pencarian komponen kritis yang ada pada excavator. Tingginya jumlah <i>downtime</i> berakibat pada rendahnya jumlah produksi yang dihasilkan, oleh karena itu dilakukan perancangan perawatan untuk memperoleh nilai <i>downtime</i> yang rendah serta dapat meningkatkan produksi. Hasilnya terdapat 5 komponen kritis dan jumlah <i>downtime</i> yaitu <i>bucket</i> (2909.5 jam), <i>control valve</i> (1946 jam), <i>radiator</i> (1764 jam), <i>alternator</i> (1258 jam) dan <i>hydraulic breaker</i> (1092 jam). Biaya yang diperlukan untuk masing-masing komponen <i>bucket</i> (Rp. 41,750,000.00), <i>control valve</i> (Rp. 26,146,485.00), <i>radiator</i> (Rp. 114,650,000.00), <i>alternator</i> (Rp. 44,228,086.00) dan <i>hydraulic breakers</i> (Rp. 118,650,000.00). Sementara untuk</p>

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode/Tool	Hasil
					<i>corrective maintenance</i> pada masing-masing komponen <i>bucket</i> (Rp. 277,437,955.00), <i>control valve</i> (Rp. 26,146,485.00), <i>radiator</i> (Rp. 107,318,780.00), <i>alternator</i> (Rp. 44,228,086.00) dan <i>hydraulic breaker</i> (Rp. 450,250,000.00)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya didapatkan beberapa kesimpulan mengenai metode RCM yaitu metode tersebut dapat diterapkan pada bidang industri, kemudian pemanfaatan dari metode tersebut mampu meningkatkan keandalan mesin maupun komponen, perencanaan model perawatan yang mampu mengurangi biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam perawatan asetnya. Pada penelitian kali ini akan penulis akan menyelesaikan permasalahan perawatan pada perusahaan dengan melakukan analisis waktu kerusakan kemudian dilakukan pengukuran nilai keandalan kompone serta memberikan masukan berupa jadwal, interval perawatan dan jenis perawatan untuk komponen tersebut setiap intervalnya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, metode RCM tepat digunakan oleh PT. Pertamina RU V Balikpapan dalam mengelola aset mesinnya untuk meningkatkan keandalan serta melakukan perancangan penjadwalan perawatan.

## 2.2 Kajian Deduktif

Kajian deduktif didapatkan pembahasan mengenai teori-teori yang menjadi dasar pendukung dari penelitian ini. Kajian deduktif diperoleh dari jurnal, *paper* dan buku yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 2.2.1 Perawatan

Sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang energi tentunya memiliki berbagai peralatan dan mesin untuk mendukung proses bisnis didalamnya, peralatan dan mesin tersebut diperlukan diharapkan berada pada kondisi optimal saat melaksanakan tugasnya. Untuk itu diperlukan kegiatan perawatan untuk menjaga kondisi setiap peralatan dan mesin yang digunakan agar dapat berjalan sesuai dengan kondisi optimal.

Pemeliharaan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kondisi barang dalam keadaan yang dapat diterima maupun untuk memperbaiki kondisi barang tersebut untuk dapat digunakan kembali (Kurniawan, 2013). Sedangkan menurut Harsanto (2013) pemeliharaan diartikan sebagai serangkaian aktivitas untuk menjaga agar fasilitas atau peralatan senantiasa dalam keadaan siap pakai. Pemeliharaan berupa kumpulan kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kinerja peralatan agar dapat bekerja sebagaimana semestinya (Heizer dan Render 2011). Menurut Manzini (2010), Perawatan merupakan kegiatan berupa pengawasan dan pemeliharaan fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja melalui perancangan, pengaturan, penanganan, dan pemeriksaan untuk memastikan bahwa fungsi dari unit beroperasi dan mencegah adanya perbaikan maupun kerusakan untuk mengurangi waktu berhenti (*downtime*).

Dalam melakukan berbagai hal tentunya memiliki tujuan yang ingin dicapai, begitu juga dalam perawatan seperti menurut Assuari (2008), dalam menjalankan perawatan atau pemeliharaan memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kemampuan produksi dalam memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana.
- b. Menjaga keandalan mesin sesuai dengan ketentuan untuk menjaga kegiatan produksi tidak terganggu dan sesuai dengan kebutuhan produk.
- c. Menjaga nilai investasi perusahaan yang berada pada suatu fungsi selama waktu yang telah ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan terhadap investasi tersebut.
- d. Menghasilkan tingkat biaya perawatan serendah mungkin dengan efektif dan efisien.
- e. Jaminan akan keselamatan kerja bagi operator
- f. Melakukan kerjasama dengan fungsi-fungsi utama pada perusahaan untuk menghasilkan keuntungan maksimal dan total biaya yang rendah.

Berdasarkan teori diatas dapat disimpulkan bahwa perawatan atau pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang memiliki tujuan untuk mengoptimalkan kerja suatu alat maupun peralatan agar dapat digunakan sesuai dengan standar yang ada. Sementara manajemen perawatan sendiri merupakan pengelolaan kegiatan perawatan terhadap fasilitas penunjang produksi. Pengelolaan ini mencakup perencanaan strategi dalam merawat fasilitas dan juga strategi yang menunjang keberhasilan penjalanan perawatan fasilitas produksi. Diharapkan dengan adanya penjalanan perawatan tersebut dapat meningkatkan output perusahaan dan juga menghasilkan biaya perawatan serendah mungkin.

### 2.2.2 Jenis Perawatan

Jenis perawatan untuk setiap fasilitas akan berbeda-beda mengikuti kebutuhan dari fasilitas tersebut dan juga keinginan dari perusahaan yang terkait, dari beberapa jenis perawatan pastinya memiliki kelebihan dan kekurangan yang bermacam-macam. Seperti yang dijelaskan oleh (Prawirosentono 2009) yang menyebutkan bahwa perawatan terdiri dari dua jenis sebagai berikut:

a. *Planned maintenance* (perawatan yang terencana)

*Planned maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan terlebih dahulu. Pemeliharaan perencanaan ini mengacu pada rangkaian proses produksi. *Planned maintenance* terdiri dari:

1. *Preventive maintenance* (perawatan pencegahan). *Preventive maintenance* adalah pemeliharaan yang dilaksanakan dalam periode waktu yang tetap atau dengan kriteria tertentu pada berbagai tahap proses produksi. Tujuannya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya.
2. *Scheduled maintenance* (perawatan terjadwal). *Scheduled Maintenance* adalah perawatan yang bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan.

3. *Predictive maintenance* (perawatan prediktif). *Predictive maintenance* adalah strategi perawatan di mana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Perawatan prediktif disebut juga perawatan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) atau juga disebut monitoring kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin serta keselamatan kerja terjamin.
- b. *Unplanned maintenance* (perawatan tidak terencana)
- Unplanned maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba-tiba memberikan hasil yang tidak layak. Dalam hal ini perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan atas mesin secara tidak berencana. *Unplanned maintenance* terdiri dari:
1. *Emergency maintenance* (perawatan darurat). *Emergency maintenance* adalah kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah.
  2. *Breakdown maintenance* (perawatan kerusakan). *Breakdown maintenance* adalah pemeliharaan yang bersifat perbaikan yang terjadi ketika peralatan mengalami kegagalan dan menuntut perbaikan darurat atau berdasarkan prioritas.
  3. *Corrective maintenance* (perawatan penangkal). *Corrective maintenance* adalah pemeliharaan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya. Misalnya: terjadi kekeliruan dalam mutu/bentuk barang, maka perlu diamati tahap kegiatan proses produksi yang perlu diperbaiki (koreksi).

### **2.2.3 Reliability Centered Maintenance**

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan kegiatan perawatan yang digunakan untuk memastikan keadaan mesin agar dapat digunakan secara normal dan terus menerus (Dhillon, 2002). RCM juga merupakan implementasi dari strategi dalam mengoptimalkan kegiatan perawatan pada perusahaan. Hasil dari RCM berupa

implementasi mengenai strategi perawatan pada setiap aset yang dimiliki dengan optimal untuk meningkatkan produktivitas dengan menggunakan teknik efisiensi biaya perawatan. RCM juga mengembangkan metode dalam pengamatan biaya pada pengelolaan perawatan berdasarkan sudut pandang keandalan (Bertling, Allan, dan Eriksson, 2005). Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* berupa perawatan pencegahan pada sebuah kegagalan yang biasa terjadi.

Dalam RCM terdapat 4 komponen utama yaitu reactive maintenance, preventive maintenance, predictive testing and inspection, dan proactive maintenance.

1. *Reactive Maintenance*

*Reactive maintenance* merupakan istilah yang juga biasa disebut dengan *breakdown maintenance* maupun *run to failure* adalah pendekatan melalui pengantian mesin atau komponen pada saat mesin atau komponen tersebut tidak dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Keputusan untuk melakukan *reactive maintenance* adalah ketika mengetahui perbandingan risiko dan biaya yang diakibatkan dari kegagalan tersebut dalam analisis RCM.

2. *Preventive Maintenance*

*Preventive Maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan tanpa melihat kondisi dari komponen tersebut, kegiatan ini terdiri dari jadwal pemeriksaan, penggantian komponen, perbaikan, *setup* mesin, pelumasan, dan pembersihan. Tujuan dari adanya PM untuk mengurangi kegagalan pada komponen yang berpengaruh terhadap kegagalan fungsi. Penentuan waktu melakukan PM didasarkan pada rata-rata waktu kegagalan komponen atau mesin.

3. *Predictive Maintenance*

*Predictive Maintenance* merupakan kegiatan perbaikan yang digunakan untuk mengetahui kondisi komponen berdasarkan data performansi, pengamatan secara visual maupun data lainnya. Hasil dari analisis data tersebut digunakan untuk menentukan penjadwalan perawatan komponen.

4. *Proactive Maintenance*

*Proactive Maintenance* merupakan kegiatan perbaikan dimana dilakukan pada waktu yang tepat, hal ini dilakukan dengan adanya kerjasama yang baik untuk memastikan tingkat epektifitas dari perawatan dan juga sebagai evaluasi untuk

periode perawatan, serta mengintegrasikan fungsi dengan dukungan pemeliharaan ke dalam program perencanaan pemeliharaan.

#### 2.2.4 Laju Kerusakan

Sebuah *equipment* yang ada dalam mesin akan melakukan tugasnya selama mesin tersebut beroperasi, selama selang waktu tersebut dapat terjadi sebuah kegagalan. Kejadian kegagalan yang terus menerus dalam periode tertentu akan memberikan dampak terhadap produktivitas mesin tersebut. Untuk mengetahui nilai kegagalan tersebut dapat dilakukan penghitungan laju kegagalan. Laju kegagalan atau *failure rate*,  $\lambda$  merupakan rasio dari total jumlah kegagalan dengan total waktu operasi (Priyatna 2000). *Failure rate* dapat diartikan mengenai jumlah kerusakan yang terjadi selama periode waktu tertentu. Fungsi dari *failure rate* dinyatakan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{r}{T(t)}$$

Dengan :

T(t) = total jam operasi

r = jumlah *failure*

$\lambda$  = laju kegagalan

#### 2.2.5 Keandalan

Keandalan erat kaitannya dengan tingkat produktivitas perusahaan, selain ini juga menjadi salah satu indikator dalam melakukan perawatan mesin. Menurut Ebeling (1997) disebutkan bahwa keandalan atau yang biasa disebut *reliability* merupakan peluang yang dimiliki suatu sistem dalam menjalankan fungsinya dalam jangka waktu tertentu. Sementara menurut Dhillon (1997), keandalan (*reliability*) adalah probabilitas suatu sistem akan berfungsi secara normal ketika digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi spesifik. Dalam menghitung keandalan komponen digunakan formula sebagai berikut Dhillon (1997)

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

Dengan:

$R(t)$  = keandalan komponen pada saat  $t$

$F(t)$  = fungsi distribusi kumulatif kegagalan komponen

$f(t)$  = fungsi tingkat kegagalan komponen.

Terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui keandalan yaitu sebagai berikut:

- a. *Mean time to between failure* (MTBF) merupakan waktu rata-rata antar tiap kegagalan. Pengaplikasiannya untuk alat yang dapat diperbaiki kembali setelah perawatan.
- b. *Mean time to repair* (MTTR) merupakan rata-rata lama waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan, semakin kecil semakin baik.
- c. *Mean time to failure* (MTTF) merupakan waktu rata-rata yang dimiliki oleh mesin sampai kerusakan. Pengaplikasian untuk alat yang tidak dapat diperbaiki setelah rusak. Digunakan untuk mengestimasi umur mesin.
- d. *Mean life to component* merupakan rata-rata usia komponen sebelum mengalami kerusakan.
- e. *Failure rate* merupakan nilai rata-rata kegagalan peralatan pada suatu satuan waktu.

### 2.2.6 Distribusi Data Kerusakan

Distribusi data kerusakan menurut Ebeling (1997), merupakan informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi, distribusi yang sering digunakan adalah eksponensial, lognormal, normal, dan weibull. Distribusi data kerusakan diperlukan untuk menentukan interval perawatan. Distribusi yang digunakan sebagai berikut:

- a. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering ditemui dalam keandalan. Ciri-ciri distribusi ini berupa data laju kerusakan yang konstan dan bersifat acak. Menurut Ebeling (1997) distribusi eksponensial menjadi salah satu distribusi keandalan yang mudah dianalisis dan parameter yang digunakan adalah  $\lambda$  yang didefinisikan sebagai rata-rata kerusakan yang terjadi. Dengan  $\lambda(t) = \lambda \geq 0, \lambda > 0$ , maka akan didapatkan fungsi eksponensial sebagai berikut:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

2. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

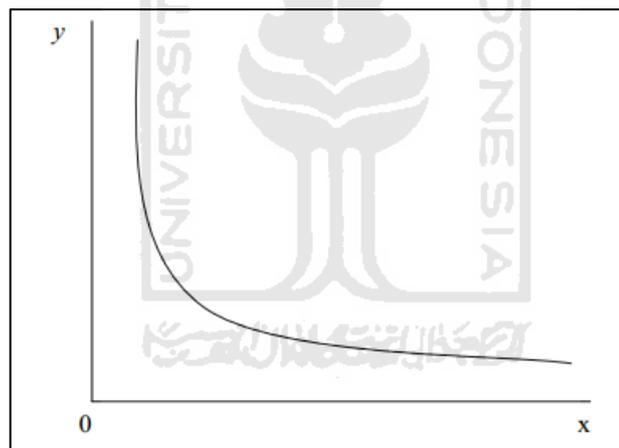
$$\lambda(t) = \lambda = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Dimana  $t > 0$  dan  $\lambda > 0$

Dengan:

$e$  = bilangan euler

$\lambda$  = tingkat kegagalan perjam atau siklus



Gambar 2. 1 Kurva Distribusi Eksponensial

- b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu  $s$  (parameter bentuk) dan  $t_{med}$  (parameter lokasi). Seperti distribusi Weibull, distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi. Biasanya data yang dapat didekati dengan distribusi Weibull juga bisa didekati dengan distribusi Lognormal (Ebeling, 1997) Fungsi dari distribusi lognormal sebagai berikut:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp \left\{ -\frac{1}{2S^2} \left[ \frac{\ln t}{t_{med}} \right]^2 \right\} \text{ untuk } t \geq 0$$

2. Fungsi Keandalan (*Realibility Function*)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \Phi \left( \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left( \frac{t - \mu}{\sigma} \right)}$$

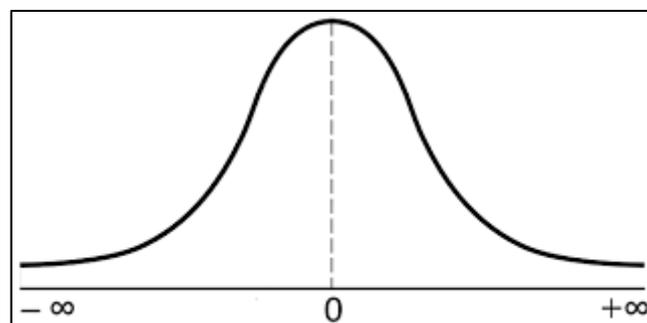
Dimana  $s > 0$ ,  $t_{med} > 0$ , dan  $t > 0$

Dengan:

- s = parameter bentuk
- $t_{med}$  = parameter logasi
- $\phi$  = fungsi densitas probabilitas

c. Distribusi Normal

Distribusi normal atau juga disebut sebagai distribusi Gauss merupakan distribusi probabilitas yang sering digunakan untuk analisis statistik selain itu dapat digunakan untuk memodelkan kejadian kelelahan (*fatigue*) dan keausan (*wear out*). Pada distribusi ini parameter yang digunakan merupakan nilai rata-rata dan variansi. Kurva pada distribusi ini berbentuk lonceng yang memiliki simetris di kedua sisinya. (Gambar 2.1)



Gambar 2. 2 Kurva Distribusi Normal

Menurut Ebeling (1997) terdapat empat fungsi distribusi normal yaitu:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \text{ untuk } -\infty < t < \infty$$

2. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}$$

Dimana  $\mu > 0, \sigma > 0$ , dan  $t > 0$

Dengan:

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = variansi

$\phi$  = fungsi densitas probabilitas

- d. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang memiliki peran baik untuk menghitung laju kerusakan meningkat maupun menurun, oleh sebab itu distribusi ini banyak digunakan dalam pengolahan data waktu kerusakan terutama mengenai umur komponen. Menurut Ebeling (1997), distribusi weibul menggunakan parameter  $\beta$  (beta) sebagai parameter bentuk dan parameter  $\theta$  (teta) sebagai parameter skala. Formula untuk distribusi Weibull sebagai berikut:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

2. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

#### 4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

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

Dimana  $t \geq 0$ ,  $\theta > 0$ , dan  $\beta > 0$

Dengan:

$\beta$  = *shape parameter*

$\theta$  = *scale parameter*

e = bilangan euler

Pada distribusi Weibull, parameter  $\beta$  mempengaruhi terhadap distribusi ini, seperti yang dijelaskan oleh Ebeling (1997) dari Tabel dibawah ini.

Tabel 2. 2 Pengaruh nilai  $\beta$  terhadap distribusi weibull

Nilai	Sifat Distribusi
$1 < \beta$	Laju kerusakan menurun
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan, distribusi eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konkaf)
$\beta = 2$	Laju kerusakan linier
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konvek)
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat, distribusi normal

#### 2.2.7 Nilai Rata-Rata Waktu Kerusakan

Nilai rata-rata waktu kerusakan atau yang dapat disebut dengan *Mean Time to Failure* (MTTF) merupakan nilai yang diperoleh berdasarkan waktu kejadian kerusakan. Menurut Ebeling (1997) *Mean time to Failure* (MTTF) merupakan nilai rata-rata atau waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi yaitu :

##### a. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

Keterangan :

$\theta$  = scale parameter yang mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

$\beta$  = shape parameter yang mempengaruhi laju kerusakan.

## b. Distribusi Exponential

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Keterangan :

$\lambda$  = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. s

## c. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

Keterangan :  $\mu$  = nilai tengah

## d. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right)$$

Keterangan :

$t_{med}$  = parameter lokasi (nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan)

$s$  = parameter bentuk (shape parameter)

### 2.2.8 Preventive Maintenance

Peningkatan nilai keandalan mesin dapat dilakukan dengan melakukan *Preventive Maintenance* (PM) yang merupakan strategi perawatan yang dimana mengacu pada periode perawatan yang tetap maupun dalam kondisi tertentu dari sebuah komponen yang akan dilakukan perawatan rutin,. Hasil dari penerapan *preventive maintenance* cukup signifikan karena dapat mengurangi aus atau kelelahan pada komponen sehingga meningkatkan keandalan pada sistem. Untuk menghitung keandalan mesin pada saat  $t$  digunakan formula sebagai berikut (Lewis, 1994):

$$Rm(t) = R(t)^n \times R(t - nT)$$

untuk  $nT \leq t < (n+1)T$

Dimana  $n = 1,2,3,\dots$  dst.

Dengan:

$t$  = waktu

$n$  = jumlah perawatan

$T$  = interval waktu pencegahan penggantian kerusakan

$R(t)$  = probabilitas keandalan sistem tanpa perlakuan *preventive maintenance*

$R(T)^n$  = probabilitas keandalan sistem sampai perawatan ke n

$R(t - nT)$  = probabilitas keandalan sistem antara waktu t-T setelah sistem dikembalikan ke kondisi awal pada saat T

$Rm(t)$  = probabilitas keandalan sistem dengan perlakuan *preventive maintenance*



## BAB III

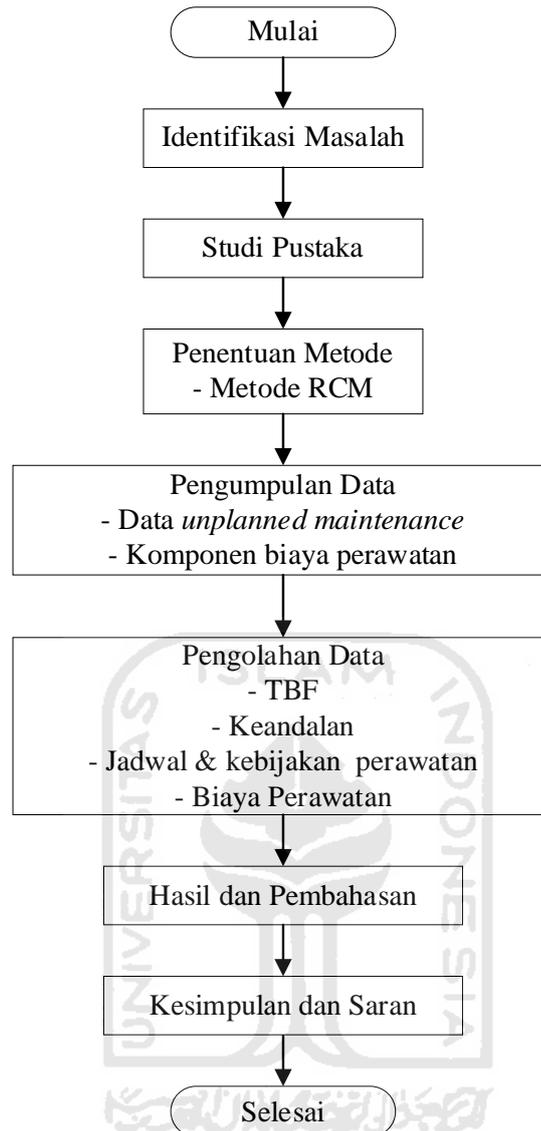
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Obyek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina RU V Balikpapan, obyek penelitian yang digunakan yaitu komponen kompresor pada *Maintenance Area* (MA) 2 & 3. Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2020 – April 2020.

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian digambarkan pada Gambar 3.1 dibawah ini, untuk penjelasan tiap langkahnya akan dijelaskan dalam sub bab selanjutnya.



Gambar 3. 1 Alur penelitian

### 3.3 Identifikasi Masalah

Tahapan awal yang akan dilakukan dalam penelitian ini berupa identifikasi masalah, indentifikasi masalah dilakukan guna mengetahui permasalahan yang terjadi dalam perusahaan dan kemudian dilakukan perbaikan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Masalah yang timbul berupa terjadinya perbaikan pada komponen yang sama dari mesin yang di kelola oleh departemen *rotating enginnering* pada MA II dan MA III dimana mesin tersebut bertugas membantu proses produksi, selain itu juga pada MA II dan MA III tersebut mencakup dalam bagain plan HSC dan HCC yang bertugas dalam mengolahan crude oil dan juga pada dua MA tersebut memiliki data jumlah kerusakan

yang tinggi dari MA I dan MA IV. Tujuan dari penelitian ini berupa identifikasi mesin kritis dan perancangan perawatan guna mengetahui biaya perawatan yang diperlukan oleh PT. Pertamina RU V Balikpapan.

### **3.4 Studi Pustaka**

Tahap selanjutnya yang dilakukan setelah menentukan masalah dan tujuan penelitian adalah studi pustaka. Pada langkah ini dilakukan penggalan informasi untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat menjadi dasar dari penelitian ini. Studi pustaka dilakukan terhadap dari buku-buku maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapat referensi-referensi berupa konsep, teori, metode, model dan informasi lain yang dapat mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

### **3.5 Penentuan Metode Penelitian**

Pendekatan metode *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dipilih untuk penyelesaian permasalahan berdasarkan tujuan dan rumusan masalah, selain itu metode RCM bertujuan untuk menjaga fungsi sistem agar dapat bekerja sesuai dengan tugasnya sehingga dapat mengurangi penggunaan biaya. Diperlukan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengurangi angka kerusakan dan juga biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Pemilihan metode juga berdasarkan hasil studi literatur pada penelitian sebelumnya yang juga berkaitan dengan perawatan mesin dimana digunakan metode RCM tersebut.

### **3.6 Sumber Data dan Pengumpulan Data**

Sumber data yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari sumber utama langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari media lain selain sumber utama. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

### 3.6.1 Data Primer

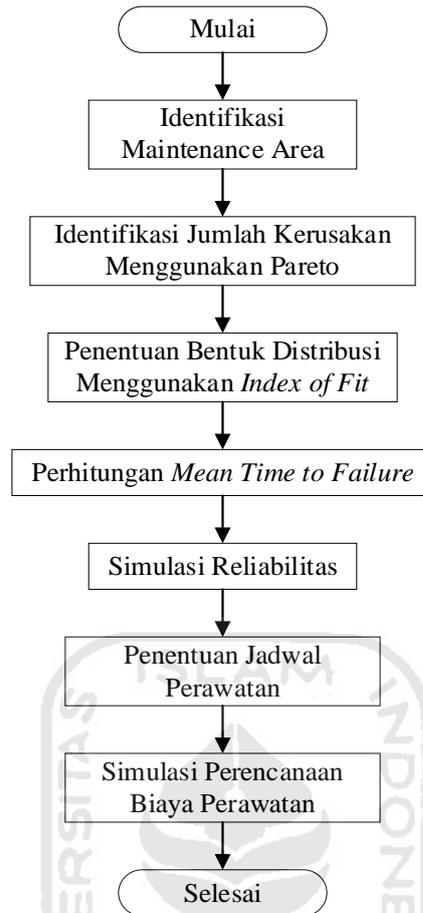
Data primer diperoleh dengan cara wawancara terhadap karyawan departemen *rotating engineering* dan *brainstorming* untuk mengetahui penanganan dari kerusakan komponen tersebut. Hasil dari wawancara tersebut digunakan sebagai data penguat mengenai permasalahan yang dihadapi serta mencari informasi tambahan yang dapat digunakan untuk mendukung data sekunder.

### 3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari departemen *rotating engineering* pada berdasarkan jadwal perawatan yang telah dilakukan dari tahun 2014 sampai 2020 berupa data mesin dan komponen. Data lain yang digunakan berupa frekuensi kegagalan mesin dan waktu antar kegagalan mesin tersebut, selain itu juga dilakukan pencarian mengenai *datasheet* dari mesin yang akan dilakukan penelitian berdasarkan permasalahan yang ada guna mengetahui profil dari mesin yang bersangkutan secara jelas.

## 3.7 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data yang dilakukan akan dijelaskan melalui diagram dibawah ini Gambar 3.2. Penjelasan mengenai langkah-langkah pengolahan data akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.



Gambar 3. 2 Alur pengolahan data

### 3.7.1 Analisis Data Kerusakan

Data kerusakan dari MA II dan MA III akan dikelompokkan berdasarkan jenis mesin yang memiliki kesamaan baik fungsi maupun spesifikasi agar mempermudah dalam melakukan pengolahan data kerusakan selanjutnya. Pemilihan MA II dan MA III dikarenakan pada area tersebut memiliki *record* jumlah kerusakan paling banyak selain itu juga pada kedua area tersebut terdapat plan yang berperan penting dalam proses pengolahan crude oil. Data yang dipilih berupa mesin kompresor yang ada pada kedua *Maintenance Area* tersebut, dengan fungsi kompresor yang dipilih untuk mengompres gas sehingga hasilnya gas tersebut dapat berpindah ke tempat lain

### **3.7.2 Analisis Jumlah Kerusakan**

Setelah data kerusakan dari MA II dan MA III terkumpul, langkah selanjutnya adalah mencari jumlah kerusakan yang banyak terjadi dari mesin yang memiliki fungsi dan spesifikasi sama. Jumlah kerusakan yang terbesar akan menjadi fokus penelitian ini untuk mencari alternatif perawatan yang dapat dilakukan. Penentuan fokus penelitian berdasarkan hasil diagram pareto untuk mesin kompresor di MA II dan MA III.

### **3.7.3 Index of Fit Distribusi**

Langkah selanjutnya berupa perhitungan nilai statistik distribusi data yang kemudian akan dilakukan uji kebaikan suai pada setiap distribusi statistik untuk mengetahui bentuk distribusi data tersebut.

### **3.7.4 Penentuan Mean Time to Failure**

Distibusi data yang sudah didapatkan menjadi langkah selanjutnya untuk mendapatkan nilai *Mean Time to Failure*, setiap distribusi data memiliki formula tersendiri untuk mendapatkan nilai interval rata-rata kerusakan komponen. Penghitungan nilai MTTF menggunakan bantuan perangkat lunak minitab.

### **3.7.5 Perhitungan Reliabilitas**

Perhitungan reliabilitas menjadi langkah selanjutnya, langkah ini dilakukan untuk mendapatkan nilai reliabilitas dari komponen sebelum adanya perawatan dan setelah diterapkan pencegahan perawatan. Nilai reliabilitas didapatkan dari distribusi data yang sesuai.

### **3.7.6 Penentuan Jadwal Pemeliharaan**

Jadwal pemeliharaan didapatkan setelah simulasi reliabilitas komponen berupa waktu interval perawatan yang dibutuhkan dari komponen tersebut. Dari simulasi tersebut juga akan diketahui adakah peningkatan reliabilitas dari komponen.

### 3.7.7 Perencanaan Biaya Perawatan

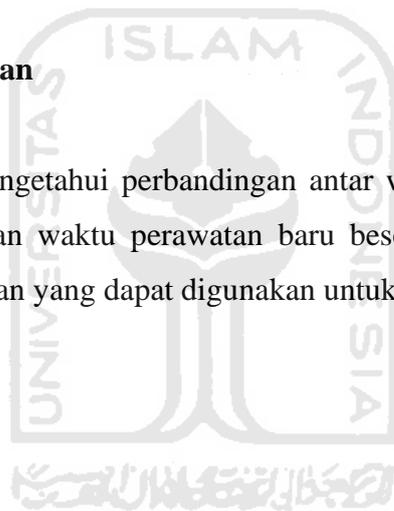
Penghitungan estimasi biaya perawatan dilakukan untuk mengetahui perbandingan biaya sebelum dan setelah diberlakukan kebijakan perawatan baru. Komponen biaya yang digunakan adalah biaya tenaga kerja, biaya komponen dan biaya lain-lain.

### 3.7.8 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data tersebut kemudian dianalisis mengenai waktu perawatan mesin yang tetap dan *opportunity lose* dari perawatan tersebut serta biaya perawatan yang dibutuhkan.

### 3.7.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan untuk mengetahui perbandingan antar waktu perawatan yang telah dilakukan sebelumnya dengan waktu perawatan baru beserta total biaya yang harus dikeluarkan beserta saran-saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

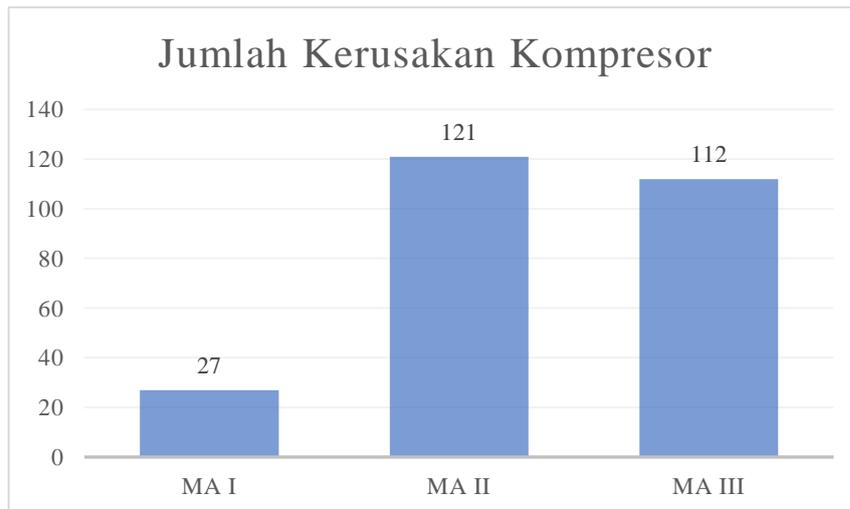


## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Mesin Kompresor Pertamina RU V

*Hydrocracking Complex (HCC)* dan *Hydroskimming Complex (HSC)* merupakan bagian dari pengolahan crude oli pada Pertamina RU V yang berfungsi untuk mengubah hasil pengolahan minyak menjadi produk lebih ringan menggunakan bantuan katalis dan gas hidrogen dalam prosesnya. Dalam proses tersebut banyak terdapat mesin kompresor dalam membantu proses produksi, cara kerja dari kompresor tersebut berupa melakukan mengompresan gas untuk memindahkan hasil gas tersebut ke tempat lain. Berdasarkan data historis, mesin tersebut mengalami kerusakan sebanyak 260 kali, selain itu fungsi dan sifat dari kompreseor tersebut sangat penting yang dapat mengganggu proses sehingga dikategorikan dalam mesin kritis. Kerusakan diakibatkan oleh tingginya beban kerja kompresor untuk memenuhi kebutuhan *hydrogen flow* untuk keperluan produksi. Beban ini berupa bahan residu dari pengolahan minyak yang nantinya akan melalui tahap kompresi dan menghasilkan gas hydrogen untuk keperluan produksi. Jumlah kerusakan mesin kompresor yang dimiliki Pertamina RU V selama periode 2014 – 2020 disajikan pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4. 1 Jumlah kerusakan kompresor

Besarnya beban yang ditampung menjadi masalah untuk mesin kompresor tersebut sehingga terjadi *breakdown* dengan frekuensi tinggi pada komponen-komponennya. Berikut ini merupakan spesifikasi untuk kompresor yang akan dilakukan penjadwalan perawatan Tabel 4.1.

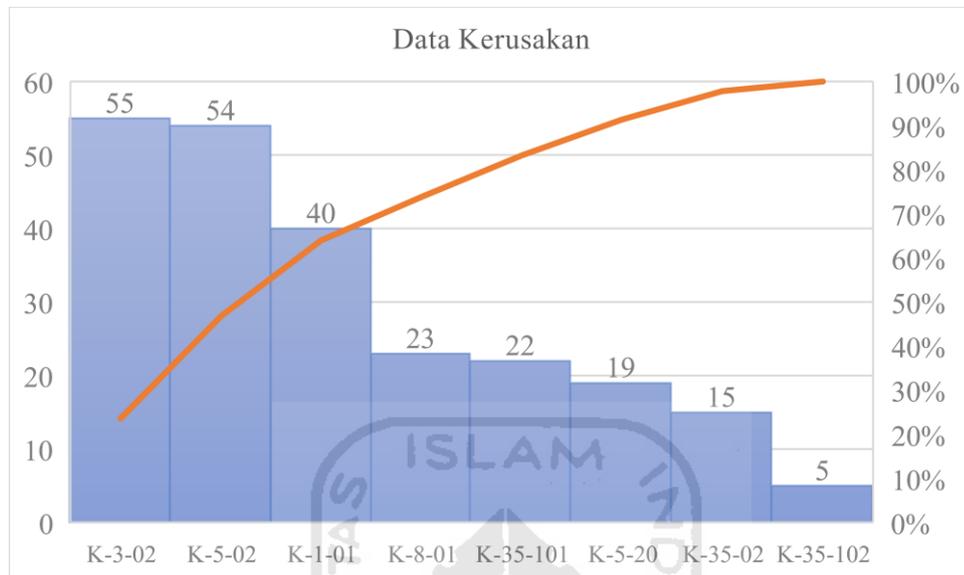
Tabel 4. 1 Spesifikasi kompresor

Spesifikasi	K-3-02	K-5-02	K-1-01
<i>Service</i>	Make up hydrogen compressor	Net gas compressor	Crude receive gas
<i>Manufacture</i>	Ingersoll	Thomassen	Ingersoll
<i>Driver Type</i>	Steam turbin	Steam turbin	Electirc motor
<i>RPM Max.</i>	333	500	514

## 4.2 Identifikasi Komponen Kritis

Perusahaan minyak dan gas PT. Pertamina RU V Balikpapan memiliki empat *maintenance area* (MA) yang memiliki cakupan wilayah perawatan yang berbeda, data yang digunakan berasal dari MA II dan MA III berupa kompresor. Dalam menentukan komponen kritisnya kompresor dilakukan dengan bantuan diagram pareto untuk

mengetahui komponen kompresor yang kritis pada MA II dan MA III. Berikut merupakan data kerusakan komponen dari MA II dan MA III yang disajikan dalam diagram pareto Gambar 4.1



Gambar 4. 2 Data kerusakan kompresor

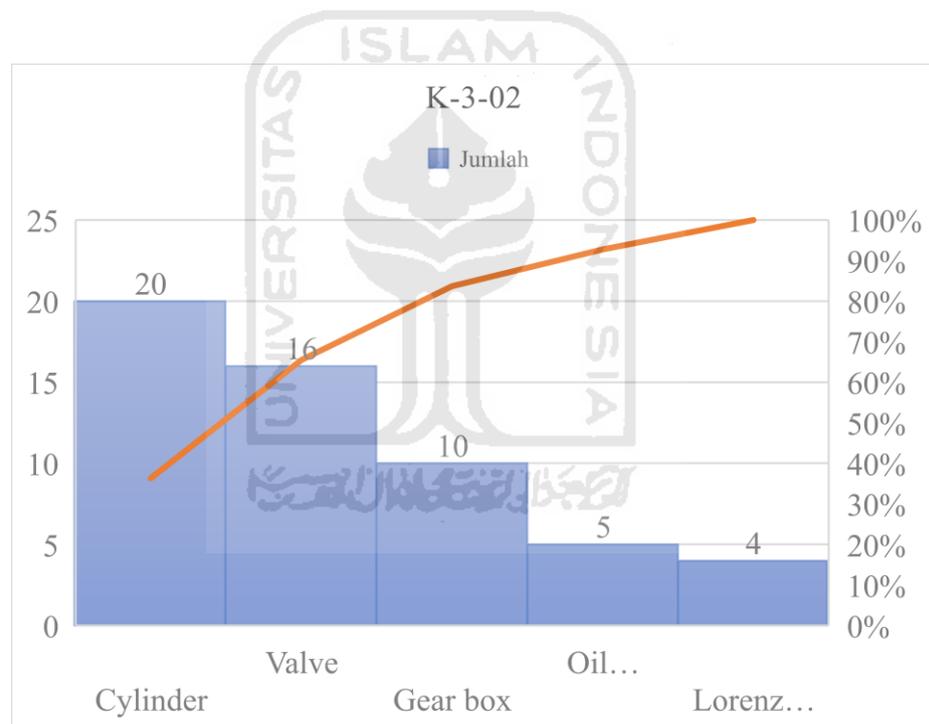
Berdasarkan hasil diagram pareto diketahui bahwa kompresor yang sering mengalami perawatan adalah kompresor dengan *tag number* K-3-02 dimana total 55 kali yang kemudian disusul oleh K-5-02 dengan 54 kali dan K-1-01 sebanyak 40 kali perawatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya diambil sampai dengan urutan ketiga dari diagram pareto tersebut yaitu K-1-01. Penentuan ini berdasarkan hasil kumulatif dari seluruh kerusakan kompresor yang ada dalam lingkup MA II dan MA III yaitu sebesar 63.95% berdasarkan prinsip pareto 60:40 dan juga diketahui bahwa ketiga *tag number* tersebut masing-masing memiliki persentase kerusakan diatas 10% . Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel dibawah ini Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Persentase kerusakan tiap tag number

Lokasi	Tag Number	Total	Persentase tiap tag number	Persentasi Kumulatif
MA III	K-3-02	55	23.61%	23.61%
MA II	K-5-02	54	23.18%	46.78%
MA II	K-1-01	40	17.17%	63.95%
MA III	K-8-01	23	9.87%	73.82%

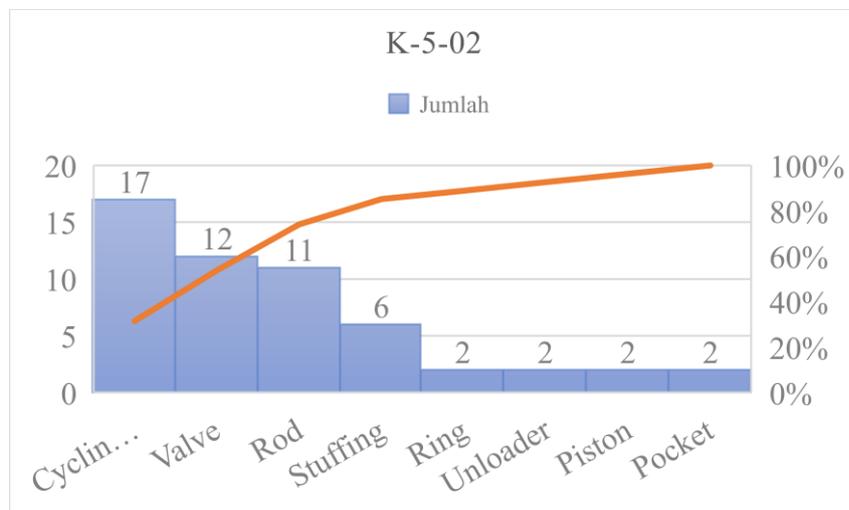
Lokasi	Tag Number	Total	Persentase tiap tag number	Persentasi Kumulatif
MA II	K-35-101	22	9.44%	83.26%
MA III	K-5-20	19	8.15%	91.42%
MA III	K-35-02	15	6.44%	97.85%
MA II	K-35-102	5	2.15%	100.00%
TOTAL		233		

Setelah mengetahui *tag number* kritis tersebut, langkah selanjutnya adalah mencari komponen dari tiap *tag number* yang berada pada keadaan kritis. Penentuan komponen tersebut diambil berdasarkan peringkat terbanyak komponen mengalami perawatan dari masing-masing *tag number*. Hasil pengelompokan komponen kritis tiap *tag number* disajikan dalam grafik pareto yang disajikan pada Gambar 4.2.



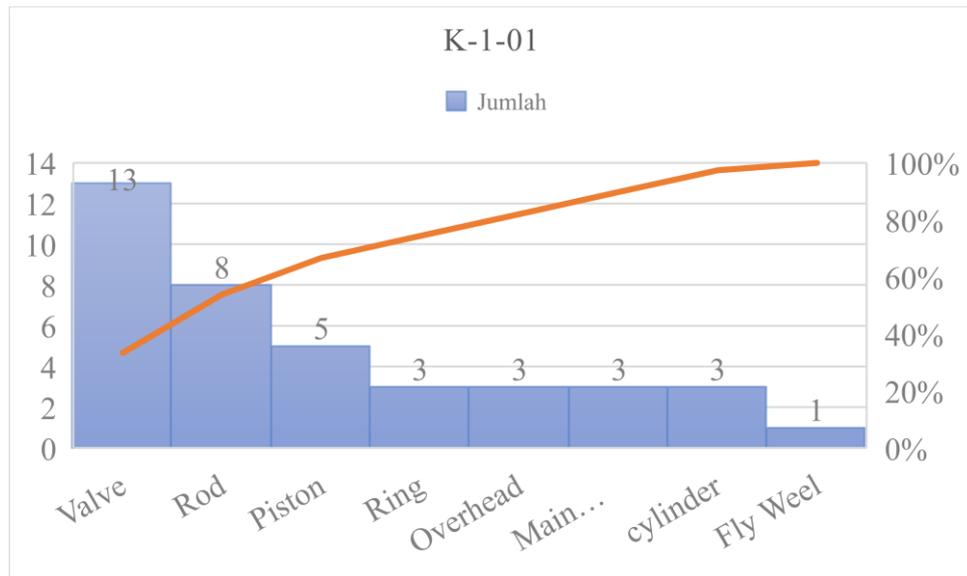
Gambar 4. 3 Kerusakan K-3-02

Berdasarkan Gambar 4.2, *tag number* K-3-02 dengan jumlah komponen sebanyak 5 buah diketahui bahwa komponen cylinder yang mengalami kerusakan terbanyak yaitu 20 kali kemudian disusul oleh valve sebanyak 16 kali dimana menunjukkan bahwa 36% kerusakan pada kompresor K-3-02 disebabkan oleh cylinder. Sehingga ditentukan bahwa komponen tersebut menjadi fokus untuk penghitungan distribusi selanjutnya.



Gambar 4. 4 Kerusakan K-5-02

Berdasarkan Gambar 4.3, hasil diagram pareto *tag number* K-5-02 didapatkan komponen tertinggi ada pada cylinder dengan jumlah 17 kali kerusakan yang disusul oleh valve dan rod sebanyak 12 dan 11 kali kerusakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa 31% kerusakan pada kompresor K-5-02 disebabkan oleh cylinder. Sehingga ditentukan bahwa komponen tersebut menjadi fokus untuk penghitungan distribusi selanjutnya.



Gambar 4. 5 Kerusakan K-1-01

Berdasarkan Gambar 4.4, *tag number* K-1-01 untuk komponen tertinggi diambil pada bagian valve dengan jumlah kerusakan 13 kali yang kemudian terdapat komponen rod pada urutan kedua dengan jumlah kerusakan 8 kali dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa 33% kerusakan pada kompresor K-1-01 disebabkan oleh valve. Sehingga ditentukan bahwa komponen tersebut menjadi fokus untuk penghitungan distribusi selanjutnya. Berdasarkan Tabel 4.3 dibawah ini dapat disimpulkan bahwa kerusakan komponen kritis tiap *tag number* memiliki jumlah yang berbeda dan juga komponen yang berbeda.

Tabel 4. 3 Jumlah kerusakan komponen

<b><i>Tag number</i></b>	<b>Komponen Kritis</b>	<b>Jumlah Kerusakan</b>
K-3-02	Cylinder	20
K-5-02	Cylinder	17
K-1-01	Valve	13

Hasil dari ketiga *tag number* tersebut diambil masing-masing komponen dengan jumlah kerusakan tertinggi, yaitu komponen cylinder untuk *tag number* K-3-02 dan K-5-02, sementara pada *tag number* K-1-01 dengan komponen valve. Kompresor K-3-02

memiliki komponen kritis cylinder dengan jumlah kerusakan 20, disusul oleh komponen K-5-02 dengan komponen yang sama dan jumlah kerusakan sebanyak 17 kali dan yang terakhir adalah kompresor K-1-01 dengan komponen valve sebanyak 13 kali kerusakan.

#### 4.3 Penentuan Distribusi *Time to Failure*

Komponen kritis yang telah diketahui dari setiap *tag number* kemudian dilakukan penentuan jenis distribusi kegagalan untuk setiap komponennya, dalam penentuan distribusi ini menggunakan *Least Square* yang nilai distribusi terpilih ditentukan oleh besarnya nilai  $r$  atau *index of fit*.

##### 4.2.1 Distribusi Kegagalan Cylinder K-3-02

Penentuan bentuk distribusi dilakukan pada distribusi normal, lognormal, weibul, dan eksponensial untuk komponen cylinder K-3-02 kemudian akan ditentukan jenis distribusi berdasarkan nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi. Nilai *index of fit* tertinggi yang akan menentukan jenis distribusi digunakan

- a. Distribusi Normal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{19 - 0,4} = 0.036082474$$

$$Xi = ti = 3$$

$$zi = \phi^{-1}[0.036082474] = -1.798076104$$

Tabel 4. 4 Perhitungan distribusi normal K-3-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	Xizi	Zi2
1	3	3	9	0.036082	-1.79808	-5.39423	3.233078
2	6	6	36	0.087629	-1.3555	-8.13301	1.837385
3	17	17	289	0.139175	-1.08403	-18.4285	1.175126
4	19	19	361	0.190722	-0.87524	-16.6296	0.766045
5	23	23	529	0.242268	-0.69903	-16.0776	0.488637
6	26	26	676	0.293814	-0.54228	-14.0992	0.294063

7	50	50	2500	0.345361	-0.39788	-19.8938	0.158305
8	60	60	3600	0.396907	-0.26136	-15.6816	0.068309
9	63	63	3969	0.448454	-0.12957	-8.16286	0.016788
10	65	65	4225	0.5	0	0	0
11	67	67	4489	0.551546	0.129569	8.681141	0.016788
12	68	68	4624	0.603093	0.261361	17.77252	0.068309
13	83	83	6889	0.654639	0.397876	33.0237	0.158305
14	86	86	7396	0.706186	0.542275	46.63568	0.294063
15	112	112	12544	0.757732	0.699026	78.29086	0.488637
16	129	129	16641	0.809278	0.87524	112.906	0.766045
17	136	136	18496	0.860825	1.084032	147.4284	1.175126
18	218	218	47524	0.912371	1.355502	295.4994	1.837385
19	242	242	58564	0.963918	1.798076	435.1344	3.233078
<b>TOTAL</b>	<b>1473</b>	<b>193361</b>	<b>9.5</b>	<b>0</b>	<b>1052.872</b>	<b>16.07547</b>	

$$r = \frac{(19 \times 1052.872) - (1473 \times 0)}{\sqrt{(19 \times 193361 - 1473^2) \times ((19 \times 16.07547) - 0^2)}}$$

$$r = 0.933313809$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen cylinder K-3-02 didapatkan nilai r sebesar 0.933

b. Distribusi Lognormal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{19 - 0,4} = 0.036082474$$

$$Xi = inti = 1.098612289$$

$$zi = \phi^{-1}[0.036082474] = -1.798076104$$

Tabel 4. 5 Perhitungan distribusi lognormal K-3-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	Xizi	Zi2
1	3	1.098612	1.206949	0.036082	-1.79808	-1.97539	3.233078
2	6	1.791759	3.210402	0.087629	-1.3555	-2.42873	1.837385
3	17	2.833213	8.027098	0.139175	-1.08403	-3.07129	1.175126
4	19	2.944439	8.669721	0.190722	-0.87524	-2.57709	0.766045
5	23	3.135494	9.831324	0.242268	-0.69903	-2.19179	0.488637
6	26	3.258097	10.61519	0.293814	-0.54228	-1.76679	0.294063

7	50	3.912023	15.30392	0.345361	-0.39788	-1.5565	0.158305
8	60	4.094345	16.76366	0.396907	-0.26136	-1.0701	0.068309
9	63	4.143135	17.16557	0.448454	-0.12957	-0.53682	0.016788
10	65	4.174387	17.42551	0.5	0	0	0
11	67	4.204693	17.67944	0.551546	0.129569	0.544799	0.016788
12	68	4.219508	17.80425	0.603093	0.261361	1.102813	0.068309
13	83	4.418841	19.52615	0.654639	0.397876	1.75815	0.158305
14	86	4.454347	19.84121	0.706186	0.542275	2.415483	0.294063
15	112	4.718499	22.26423	0.757732	0.699026	3.298351	0.488637
16	129	4.859812	23.61778	0.809278	0.87524	4.253503	0.766045
17	136	4.912655	24.13418	0.860825	1.084032	5.325476	1.175126
18	218	5.384495	28.99279	0.912371	1.355502	7.298693	1.837385
19	242	5.488938	30.12844	0.963918	1.798076	9.869528	3.233078
<b>TOTAL</b>		<b>74.04729</b>	<b>312.2078</b>	<b>9.5</b>	<b>0</b>	<b>18.69229</b>	<b>16.07547</b>

$$r = \frac{(19 \times 18.69229) - (74.04729 \times 0)}{\sqrt{(19 \times 312.2078 - 74.04729^2) \times ((19 \times 16.07547) - 0^2)}}$$

$$r = 0.959091358$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen cylinder K-3-02 didapatkan nilai r sebesar 0.959

c. Distribusi Weibull

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{19 - 0,4} = 0.036082474$$

$$X_i = \text{inti} = 1.098612289$$

$$y_i = \ln \left[ \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.036082474} \right] \right] = -3.30362951$$

Tabel 4. 6 Perhitungan distribusi weibull K-3-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
1	3	1.098612	1.206949	0.036082	-3.30363	10.91397	-3.62941
2	6	1.791759	3.210402	0.087629	-2.38914	5.707995	-4.28077
3	17	2.833213	8.027098	0.139175	-1.89802	3.602498	-5.37751
4	19	2.944439	8.669721	0.190722	-1.553	2.411807	-4.57271
5	23	3.135494	9.831324	0.242268	-1.2822	1.644043	-4.02034

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
6	26	3.258097	10.61519	0.293814	-1.05591	1.114937	-3.44024
7	50	3.912023	15.30392	0.345361	-0.8588	0.737534	-3.35964
8	60	4.094345	16.76366	0.396907	-0.68184	0.46491	-2.7917
9	63	4.143135	17.16557	0.448454	-0.51914	0.269511	-2.15089
10	65	4.174387	17.42551	0.5	-0.36651	0.134332	-1.52997
11	67	4.204693	17.67944	0.551546	-0.22071	0.048712	-0.92801
12	68	4.219508	17.80425	0.603093	-0.07899	0.006239	-0.33328
13	83	4.418841	19.52615	0.654639	0.061251	0.003752	0.270658
14	86	4.454347	19.84121	0.706186	0.202783	0.041121	0.903267
15	112	4.718499	22.26423	0.757732	0.349043	0.121831	1.64696
16	129	4.859812	23.61778	0.809278	0.504973	0.254997	2.454072
17	136	4.912655	24.13418	0.860825	0.679059	0.461121	3.335983
18	218	5.384495	28.99279	0.912371	0.889801	0.791746	4.791128
19	242	5.488938	30.12844	0.963918	1.200551	1.441324	6.589752
<b>TOTAL</b>		<b>74.04729</b>	<b>312.2078</b>	<b>9.5</b>	<b>-10.3204</b>	<b>30.17238</b>	<b>-16.4226</b>

$$r = \frac{(19 \times -16.4226) - (74.04729 \times (-10.3204))}{\sqrt{(19 \times 312.2078 - 74.04729^2) \times ((19 \times 30.17238) - (-10.3204^2))}}$$

$$r = 0.987769877$$

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen cylinder K-3-02 didapatkan nilai r sebesar 0.987

d. Distribusi Eksponensial

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{19 - 0,4} = 0.036082474$$

$$Xi = ti = 3$$

$$yi = \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.036082474} \right] = 0.036749542$$

Tabel 4. 7 Perhitungan distribusi eksponensial K-3-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
----	-----	----	-----	--------	----	-----	------

1	3	3	9	0.036082	0.03675	0.001351	0.110249
2	6	6	36	0.087629	0.091708	0.00841	0.550251
3	17	17	289	0.139175	0.149864	0.022459	2.547694
4	19	19	361	0.190722	0.211612	0.04478	4.020635
5	23	23	529	0.242268	0.277426	0.076965	6.380788
6	26	26	676	0.293814	0.347877	0.121019	9.044808
7	50	50	2500	0.345361	0.423671	0.179497	21.18355
8	60	60	3600	0.396907	0.505684	0.255717	30.34105
9	63	63	3969	0.448454	0.595029	0.35406	37.48685
10	65	65	4225	0.5	0.693147	0.480453	45.05457
11	67	67	4489	0.551546	0.80195	0.643124	53.73065
12	68	68	4624	0.603093	0.924053	0.853873	62.83559
13	83	83	6889	0.654639	1.063166	1.130321	88.24274
14	86	86	7396	0.706186	1.224807	1.500152	105.3334
15	112	112	12544	0.757732	1.417711	2.009903	158.7836
16	129	129	16641	0.809278	1.65694	2.745451	213.7453
17	136	136	18496	0.860825	1.972021	3.888868	268.1949
18	218	218	47524	0.912371	2.434645	5.927495	530.7526
19	242	242	58564	0.963918	3.321948	11.03534	803.9114
TOTAL		1473	193361	9.5	18.15001	31.27924	2442.251

$$r = \frac{(19x - 2442.251) - (1473x 18.15001)}{\sqrt{(19x 193361 - 1473^2) x ((19x 31.27924) - 18.15001^2)}}$$

$$r = 0.985340361$$

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen cylinder K-3-02 didapatkan nilai r sebesar 0.985, dengan demikian perhitungan *index of fit* dari komponen cylinder K-3-02 didapatkan sebagai Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4. 8 Hasil *index of fit* K-3-02

<b>Distribusi</b>	<b>Index of fit (r)</b>
Normal	0.933314
Lognormal	0.959091
<b>Weibull</b>	<b>0.98777</b>
Eksponensial	0.98534

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui bahwa nilai  $r$  terbesar ada pada distribusi weibull dengan nilai 0.98777, hal ini menunjukkan bahwa kegagalan untuk komponen cylinder K-3-02 adalah weibull.

#### 4.2.2 Distribusi Kegagalan Cylinder K-5-02

Penentuan bentuk distribusi dilakukan pada distribusi normal, lognormal, weibul, dan eksponensial untuk komponen cylinder K-5-01 kemudian akan ditentukan jenis distribusi berdasarkan nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi. Nilai *index of fit* tertinggi yang akan menentukan jenis distribusi digunakan

a. Distribusi Normal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{16 - 0,4} = 0.042683$$

$$Xi = dti = 2$$

$$zi = \phi^{-1}[0.042683] = -1.72037$$

Tabel 4. 9 Perhitungan distribusi normal K-5-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	Xizi	Zi2
1	2	2	4	0.042683	-1.72037	-3.44073	2.959661
2	3	3	9	0.103659	-1.26098	-3.78293	1.590063
3	5	5	25	0.164634	-0.97559	-4.87794	0.951773
4	7	7	49	0.22561	-0.75338	-5.27368	0.567587
5	31	31	961	0.286585	-0.56339	-17.465	0.317406
6	49	49	2401	0.347561	-0.39191	-19.2038	0.153596
7	50	50	2500	0.408537	-0.23131	-11.5656	0.053505
8	59	59	3481	0.469512	-0.0765	-4.51327	0.005852
9	63	63	3969	0.530488	0.076496	4.819256	0.005852
10	73	73	5329	0.591463	0.231311	16.88571	0.053505
11	95	95	9025	0.652439	0.391914	37.23181	0.153596
12	97	97	9409	0.713415	0.563388	54.64863	0.317406
13	174	174	30276	0.77439	0.753383	131.0887	0.567587
14	237	237	56169	0.835366	0.975589	231.2145	0.951773
15	252	252	63504	0.896341	1.260977	317.7662	1.590063
16	355	355	126025	0.957317	1.720366	610.7301	2.959661
<b>TOTAL</b>		<b>1552</b>	<b>313136</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>1334.262</b>	<b>13.19889</b>

$$r = \frac{(16 \times 1334.262) - (1552 \times 0)}{\sqrt{(16 \times 313136 - 1552^2) \times ((16 \times 13.19889) - 0^2)}}$$

$$r = 0.910799778$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen cylinder K-5-02 didapatkan nilai r sebesar 0.910

b. Distribusi Lognormal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{16 - 0,4} = 0.042683$$

$$Xi = inti = 0.693147$$

$$zi = \phi^{-1}[0.042683] = -1.72037$$

Tabel 4. 10 Perhitungan distribusi lognormal K-5-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	Xizi	Zi2
1	2	0.693147	0.480453	0.042683	-1.72037	-1.19247	2.959661
2	3	1.098612	1.206949	0.103659	-1.26098	-1.38533	1.590063
3	5	1.609438	2.59029	0.164634	-0.97559	-1.57015	0.951773
4	7	1.94591	3.786566	0.22561	-0.75338	-1.46602	0.567587
5	31	3.433987	11.79227	0.286585	-0.56339	-1.93467	0.317406
6	49	3.89182	15.14627	0.347561	-0.39191	-1.52526	0.153596
7	50	3.912023	15.30392	0.408537	-0.23131	-0.90489	0.053505
8	59	4.077537	16.62631	0.469512	-0.0765	-0.31192	0.005852
9	63	4.143135	17.16557	0.530488	0.076496	0.316934	0.005852
10	73	4.290459	18.40804	0.591463	0.231311	0.992431	0.053505
11	95	4.553877	20.73779	0.652439	0.391914	1.784727	0.153596
12	97	4.574711	20.92798	0.713415	0.563388	2.577337	0.317406
13	174	5.159055	26.61585	0.77439	0.753383	3.886747	0.567587
14	237	5.46806	29.89968	0.835366	0.975589	5.334578	0.951773
15	252	5.529429	30.57459	0.896341	1.260977	6.972484	1.590063
16	355	5.872118	34.48177	0.957317	1.720366	10.10219	2.959661
<b>TOTAL</b>		<b>60.25332</b>	<b>265.7443</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>21.67674</b>	<b>13.19889</b>

$$r = \frac{(16 \times 21.67674) - (60.25332 \times 0)}{\sqrt{(16 \times 265.7443 - 60.25332^2) \times ((16 \times 13.19889) - 0^2)}}$$

$$r = 0.957378173$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen cylinder K-5-02 didapatkan nilai r sebesar 0.957

c. Distribusi Weibull

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{16 - 0,4} = 0.042683$$

$$X_i = \text{inti} = 0.693147$$

$$y_i = \ln \left[ \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.042683} \right] \right] = -3.13223$$

Tabel 4. 11 Perhitungan distribusi weibull K-5-02

	<b>dti</b>	<b>Xi</b>	<b>Xi2</b>	<b>F(dti)</b>	<b>Yi</b>	<b>Yi2</b>	<b>Xiyi</b>
1	2	0.693147	0.480453	0.042683	-3.13223	9.810835	-2.17109
2	3	1.098612	1.206949	0.103659	-2.21244	4.894869	-2.43061
3	5	1.609438	2.59029	0.164634	-1.71543	2.942716	-2.76089
4	7	1.94591	3.786566	0.22561	-1.36383	1.860036	-2.65389
5	31	3.433987	11.79227	0.286585	-1.08562	1.17857	-3.728
6	49	3.89182	15.14627	0.347561	-0.85088	0.724002	-3.31148
7	50	3.912023	15.30392	0.408537	-0.64406	0.414815	-2.51958
8	59	4.077537	16.62631	0.469512	-0.45577	0.207728	-1.85843
9	63	4.143135	17.16557	0.530488	-0.27963	0.078195	-1.15856
10	73	4.290459	18.40804	0.591463	-0.11074	0.012263	-0.47511
11	95	4.553877	20.73779	0.652439	0.05526	0.003054	0.251646
12	97	4.574711	20.92798	0.713415	0.222919	0.049693	1.019788
13	174	5.159055	26.61585	0.77439	0.39807	0.15846	2.053666
14	237	5.46806	29.89968	0.835366	0.590023	0.348127	3.22628
15	252	5.529429	30.57459	0.896341	0.818304	0.669622	4.524756
16	355	5.872118	34.48177	0.957317	1.148658	1.319414	6.745053
<b>TOTAL</b>		<b>60.25332</b>	<b>265.7443</b>	<b>8</b>	<b>-8.6174</b>	<b>24.6724</b>	<b>-5.24646</b>

$$r = \frac{(16 \times (-5.24646)) - (60.25332 \times (-8.6174))}{\sqrt{(16 \times 265.7443 - 60.25332^2) \times ((16 \times 24.6724) - (-8.6174)^2)}}$$

$$r = 0.975342819$$

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen cylinder K-5-02 didapatkan nilai r sebesar 0.975

d. Distribusi Eksponensial

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{16 - 0,4} = 0.042683$$

$$Xi = ti = 2$$

$$yi = \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.042683} \right] = 0.043621$$

Tabel 4. 12 Perhitungan distribusi eksponensial K-5-02

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
1	2	2	4	0.042683	0.043621	0.001903	0.087241
2	3	3	9	0.103659	0.109434	0.011976	0.328302
3	5	5	25	0.164634	0.179886	0.032359	0.899428
4	7	7	49	0.22561	0.255679	0.065372	1.789755
5	31	31	961	0.286585	0.337692	0.114036	10.46847
6	49	49	2401	0.347561	0.427038	0.182361	20.92484
7	50	50	2500	0.408537	0.525155	0.275788	26.25777
8	59	59	3481	0.469512	0.633958	0.401903	37.40354
9	63	63	3969	0.530488	0.756061	0.571628	47.63184
10	73	73	5329	0.591463	0.895174	0.801336	65.34769
11	95	95	9025	0.652439	1.056815	1.116858	100.3974
12	97	97	9409	0.713415	1.249719	1.561797	121.2227
13	174	174	30276	0.77439	1.488949	2.216968	259.077
14	237	237	56169	0.835366	1.80403	3.254523	427.555
15	252	252	63504	0.896341	2.266653	5.137716	571.1966
16	355	355	126025	0.957317	3.153956	9.94744	1119.654
<b>TOTAL</b>		<b>1552</b>	<b>313136</b>	<b>8</b>	<b>15.18382</b>	<b>25.69396</b>	<b>2810.242</b>

$$r = \frac{(16 \times 2810.242) - (1552 \times 15.18382)}{\sqrt{(16 \times 313136 - 1552^2) \times ((16 \times 25.69396) - (15.18382)^2)}}$$

$$r = 0.987348974$$

Hasil dari perhitungan distribusi exponential untuk komponen cylinder K-5-02 didapatkan nilai  $r$  sebesar 0.987, dengan demikian perhitungan *index of fit* dari komponen cylinder K-5-02 didapatkan sebagai Tabel 4.13 dibawah ini:

Tabel 4. 13 Hasil *index of fit* K-5-02

<b>Distribusi</b>	<b><i>Index of fit</i> (r)</b>
Normal	0.910799778
Lognormal	0.957378173
Weibull	0.975342819
<b>Ekspensial</b>	<b>0.987348974</b>

Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa nilai  $r$  terbesar ada pada distribusi eksponensial dengan nilai 0.987348974, hal ini menunjukkan bahwa kegagalan untuk komponen cylinder K-5-02 adalah eksponensial.

#### 4.2.3 Distribusi Kegagalan Valve K-1-01

Penentuan bentuk distribusi dilakukan pada distribusi normal, lognormal, weibul, dan eksponensial untuk komponen valve K-1-01 kemudian akan ditentukan jenis distribusi berdasarkan nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi. Nilai *index of fit* tertinggi yang akan menentukan jenis distribusi digunakan

a. Distribusi Normal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{12 - 0,4} = 0.056452$$

$$Xi = ti = 21$$

$$zi = \phi^{-1}[0.056452] = -1.58528$$

Tabel 4. 14 Perhitungan distribusi normal K-1-01

<b>No</b>	<b>dti</b>	<b>Xi</b>	<b>Xi2</b>	<b>F(dti)</b>	<b>Zi</b>	<b>Xizi</b>	<b>Zi2</b>
1	21	21	441	0.056452	-1.58528	-33.2908	2.513106
2	69	69	4761	0.137097	-1.09346	-75.4485	1.195646
3	71	71	5041	0.217742	-0.77984	-55.3688	0.608154
4	91	91	8281	0.298387	-0.52905	-48.1431	0.279889

5	105	105	11025	0.379032	-0.30802	-32.3425	0.094878
6	112	112	12544	0.459677	-0.10125	-11.3396	0.010251
7	121	121	14641	0.540323	0.101246	12.25082	0.010251
8	131	131	17161	0.620968	0.308023	40.35107	0.094878
9	141	141	19881	0.701613	0.529045	74.59535	0.279889
10	146	146	21316	0.782258	0.779842	113.8569	0.608154
11	260	260	67600	0.862903	1.093456	284.2986	1.195646
12	555	555	308025	0.943548	1.585278	879.8292	2.513106
<b>TOTAL</b>	<b>1823</b>	<b>490717</b>	<b>6</b>	<b>-1.8E-15</b>	<b>1149.249</b>	<b>9.403847</b>	

$$r = \frac{(12 \times 1149.249) - (1823 \times (-1.8E - 15))}{\sqrt{(12 \times 490717 - 1823^2) \times ((12 \times 9.403847) - (-1.8E - 15)^2)}}$$

$$r = 0.810559499$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen valve K-1-01 didapatkan nilai r sebesar 0.810

b. Distribusi Lognormal

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{12 - 0,4} = 0.056452$$

$$Xi = inti = 3.044522$$

$$zi = \phi^{-1}[0.056452] = -1.58528$$

Tabel 4. 15 Perhitungan distribusi lognormal K-1-01

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	Xizi	Zi2
1	21	3.044522	9.269117	0.056452	-1.58528	-4.82641	2.513106
2	69	4.234107	17.92766	0.137097	-1.09346	-4.62981	1.195646
3	71	4.26268	18.17044	0.217742	-0.77984	-3.32422	0.608154
4	91	4.51086	20.34785	0.298387	-0.52905	-2.38645	0.279889
5	105	4.65396	21.65935	0.379032	-0.30802	-1.43353	0.094878
6	112	4.718499	22.26423	0.459677	-0.10125	-0.47773	0.010251
7	121	4.795791	22.99961	0.540323	0.101246	0.485557	0.010251
8	131	4.875197	23.76755	0.620968	0.308023	1.501675	0.094878
9	141	4.94876	24.49022	0.701613	0.529045	2.618117	0.279889
10	146	4.983607	24.83633	0.782258	0.779842	3.886426	0.608154
11	260	5.560682	30.92118	0.862903	1.093456	6.080362	1.195646
12	555	6.318968	39.92936	0.943548	1.585278	10.01732	2.513106

---

**56.90763 276.5829 6 -1.8E-15 7.511308 9.403847**

---

$$r = \frac{(12 \times 7.511308) - (56.90763 \times (-1.8E - 15))}{\sqrt{(12 \times 276.5829 - 56.90763^2) \times ((12 \times 9.403847) - (-1.8E - 15)^2)}}$$

$$r = 0.945608983$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen valve K-1-01 didapatkan nilai r sebesar 0.945

c. Distribusi Weibull

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{12 - 0,4} = 0.056452$$

$$X_i = \text{inti} = 3.044522$$

$$y_i = \ln \left[ \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.056452} \right] \right] = -2.84546$$

Tabel 4. 16 Perhitungan distribusi weibull K-1-01

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
1	21	3.044522	9.269117	0.056452	-2.84546	8.096633	-8.66306
2	69	4.234107	17.92766	0.137097	-1.91425	3.664344	-8.10513
3	71	4.26268	18.17044	0.217742	-1.40417	1.971696	-5.98553
4	91	4.51086	20.34785	0.298387	-1.0374	1.076207	-4.67958
5	105	4.65396	21.65935	0.379032	-0.74134	0.549581	-3.45016
6	112	4.718499	22.26423	0.459677	-0.48518	0.235396	-2.2893
7	121	4.795791	22.99961	0.540323	-0.25202	0.063513	-1.20863
8	131	4.875197	23.76755	0.620968	-0.03032	0.000919	-0.14782
9	141	4.94876	24.49022	0.701613	0.190094	0.036136	0.940731
10	146	4.983607	24.83633	0.782258	0.42163	0.177772	2.101239
11	260	5.560682	30.92118	0.862903	0.68666	0.471502	3.818299
12	555	6.318968	39.92936	0.943548	1.055834	1.114785	6.671781
<b>TOTAL</b>		<b>56.90763</b>	<b>276.5829</b>	<b>6</b>	<b>-6.35592</b>	<b>17.45849</b>	<b>-20.9972</b>

$$r = \frac{(12 \times (-20.9972)) - (56.90763 \times (-6.35592))}{\sqrt{(12 \times 276.5829 - 56.90763^2) \times ((12 \times 17.45849) - (-6.35592)^2)}}$$

$$r = 0.940422133$$

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen valve K-1-01 didapatkan nilai r sebesar 0.940

d. Distribusi Eksponensial

$$F(dti) = \frac{1 - 0,3}{12 - 0,4} = 0.056452$$

$$Xi = ti = 21$$

$$yi = \ln \left[ \frac{1}{1 - 0.056452} \right] = 0.058108$$

Tabel 4. 17 Perhitungan distribusi eksponensial K-1-01

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	Xiyi
1	21	21	441	0.056452	0.058108	0.003376	1.22026
2	69	69	4761	0.137097	0.147453	0.021742	10.17424
3	71	71	5041	0.217742	0.245571	0.060305	17.43551
4	91	91	8281	0.298387	0.354373	0.125581	32.24798
5	105	105	11025	0.379032	0.476476	0.22703	50.03
6	112	112	12544	0.459677	0.615589	0.37895	68.94596
7	121	121	14641	0.540323	0.77723	0.604087	94.04487
8	131	131	17161	0.620968	0.970134	0.94116	127.0875
9	141	141	19881	0.701613	1.209364	1.46256	170.5203
10	146	146	21316	0.782258	1.524445	2.323932	222.5689
11	260	260	67600	0.862903	1.987068	3.94844	516.6377
12	555	555	308025	0.943548	2.874371	8.262011	1595.276
<b>TOTAL</b>		<b>1823</b>	<b>490717</b>	<b>6</b>	<b>11.24018</b>	<b>18.35917</b>	<b>2906.189</b>

$$r = \frac{(12 \times (2906.189)) - (1823 \times (11.24018))}{\sqrt{(12 \times 490717 - 1823^2) \times ((12 \times 18.35917) - (11.24018)^2)}}$$

$$r = 0.926412373$$

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen valve K-1-01 didapatkan nilai  $r$  sebesar 0.926, dengan demikian perhitungan *index of fit* dari komponen valve K-1-01 didapatkan sebagai Tabel 4.18 dibawah ini.

Tabel 4. 18 Hasil *index of fit* K-1-01

<b>Distribusi</b>	<b><i>Index of fit</i> (r)</b>
Normal	0.810559499
<b>LogNormal</b>	<b>0.945608983</b>
Weibull	0.940422133
Eksponensial	0.926412373

Berdasarkan Tabel 4.18 diketahui bahwa nilai  $r$  terbesar ada pada distribusi lognormal dengan nilai 0.945608983, hal ini menunjukkan bahwa kegagalan untuk komponen valve K-3-02 adalah lognormal.

#### 4.4 Analisis Reliabilitas

Komponen yang sudah diketahui jenis distribusinya kemudian akan dilakukan analisis reliabilitas dengan mencari nilai MTTF dari seriap komponen tersebut, selain nilai MTTF diperlukan juga beberapa parameter pendukung untuk mengetahui reliabilitas dari komponen tersebut. Untuk mendapatkan nilai tersebut digunakan *software minitab*.

##### 4.3.1 Reliabilitas Cylinder K-3-02

Analisis reliabilitas untuk komponen cylinder K-3-02 dengan distribusi Weibull didapatkan nilai MTTF sebesar 82.3124, parameter *shape* 1.03227, dan *scale* 83.3813. Hasil dari data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen cylinder K-3-02. Dari hasil MTTF sebesar 82.3124 hari. Untuk perhitungan reliabilitas pada saat  $t = 82.3124$  sebagai berikut,

$$R(82.3124) = \exp^{-\left(\frac{82.3124}{83.3813}\right)^{1.03227}} = 0.3728$$

Hasil reliabilitas dari cylinder K-3-02 pada hari ke-82.3124 tanpa adanya *preventive maintenance* adalah 0.3728 atau 37,3%. Kemudian dilakukan simulasi PM dengan waktu 56 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50%. Pada penghitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-56 didapatkan hasil sebesar 51.5 %. Langkah selanjutnya berupa perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu  $t-nT$  dari *tindakan preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat  $t = 63$  dihitung sebagai berikut,

$$R(63 - 56) = \exp^{-\left(\frac{63-56}{83.3813}\right)^{1.03227}} = 0.925426016$$

Hasil peluang keandalan pada saat  $t = 63$  sebesar 0.925 atau 92.5%, Sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat  $t = 63$  dengan perhitungan sebagai berikut,

$$R_m(63) = R(63)^1 \times R(63 - 56) = 0.3684$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat  $t = 63$  sebesar 0.4769 atau 47.6%. Hasil perhitungan sampai dengan  $t = 105$  disajikan pada Tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4. 19 Reliabilitas K-3-02

<b>t</b>	<b>R(t)</b>	<b>n</b>	<b>t</b>	<b>t-nT</b>	<b>R(T)^n</b>	<b>R(t-nT)</b>	<b>Rm(t)</b>
7	0.9254	0	0	7	1	0.92543	0.9254
14	0.8534	0	0	14	1	0.85342	0.8534
21	0.7859	0	0	21	1	0.78593	0.7859
28	0.7231	0	0	28	1	0.72311	0.7231
35	0.6649	0	0	35	1	0.66487	0.6649
42	0.6110	0	0	42	1	0.61098	0.6110
49	0.5612	0	0	49	1	0.56121	0.5612
56	0.5153	1	56	0	0.515282	1	0.5153
63	0.4730	1	56	7	0.515282	0.92543	0.4769
70	0.4340	1	56	14	0.515282	0.85342	0.4397
77	0.3981	1	56	21	0.515282	0.78593	0.4050
84	0.3651	1	56	28	0.515282	0.72311	0.3726

91	0.3347	1	56	35	0.515282	0.66487	0.3426
98	0.3068	1	56	42	0.515282	0.61098	0.3148
105	0.2812	1	56	49	0.515282	0.56121	0.2892

### 4.3.2 Reliabilitas Cylinder K-5-02

Analisis reliabilitas untuk komponen cylinder K-5-02 dengan distribusi eksponensial didapatkan nilai MTTF sebesar 109.374, sehingga didapatkan nilai  $\lambda$  sebesar 0.00914. Hasil dari data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen cylinder K-5-02. Dari hasil MTTF sebesar 109.374 hari kemudian dilakukan simulasi PM dengan waktu 105 hari. Untuk perhitungan reliabilitas pada saat  $t = 109.374$  sebagai berikut,

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(109.374) = e^{-0.00914 \times 109.374} = 0.368$$

Hasil reliabilitas dari cylinder K-5-02 pada hari ke-109.374 tanpa adanya *preventive maintenance* adalah 0.368 atau 36,8%. Kemudian dilakukan simulasi PM dengan waktu 70 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50%. Pada penghitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-70 didapatkan hasil sebesar 52.7 %. Langkah selanjutnya berupa perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu  $t-nT$  dari *tindakan preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat  $t = 77$  dihitung sebagai berikut,

$$R(77 - 70) = e^{-0.00914 \times (77-70)} = 0.938004451$$

Hasil peluang keandalan pada saat  $t = 77$  sebesar 0.938 atau 93.8%, Sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat  $t = 77$  dengan perhitungan sebagai berikut,

$$R_m(77) = R(77)^1 \times R(77 - 70) = 0.495$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat  $t = 77$  sebesar 0.495 atau 49.5%. Hasil perhitungan sampai dengan  $t = 133$  disajikan pada Tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4. 20 Reliabilitas K-5-02

t	R(t)	n	t	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
7	0.938004	0	0	7	1	0.938	0.938
14	0.879852	0	0	14	1	0.87985	0.87985
21	0.825305	0	0	21	1	0.82531	0.82531
28	0.77414	0	0	28	1	0.77414	0.77414
35	0.726147	0	0	35	1	0.72615	0.72615
42	0.681129	0	0	42	1	0.68113	0.68113
49	0.638902	0	0	49	1	0.6389	0.6389
56	0.599293	0	0	56	1	0.59929	0.59929
63	0.562139	0	0	63	1	0.56214	0.56214
70	0.527289	1	70	0	0.5273	1	0.52729
77	0.4946	1	70	7	0.5273	0.938	0.4946
84	0.463937	1	70	14	0.5273	0.87985	0.46394
91	0.435175	1	70	21	0.5273	0.82531	0.43517
98	0.408196	1	70	28	0.5273	0.77414	0.4082
105	0.38289	1	70	35	0.5273	0.72615	0.38289
112	0.359152	1	70	42	0.5273	0.68113	0.35915
119	0.336886	1	70	49	0.5273	0.6389	0.33689
126	0.316001	1	70	56	0.5273	0.59929	0.316
133	0.29641	1	70	63	0.5273	0.56214	0.29641

### 4.3.3 Reliabilitas Valve K-1-01

Analisis reliabilitas untuk komponen valve K-1-01 dengan distribusi lognormal didapatkan nilai MTTF sebesar 157.796, parameter *loc* 4.7423, dan *scale* 0.798748. Hasil dari data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen valve K-1-01. Dari hasil MTTF sebesar 157.796 hari. Untuk perhitungan reliabilitas pada saat  $t = 157.796$  sebagai berikut,

$$F(157.796) = \Phi\left(\frac{1}{0.798748} \ln \frac{157.796}{114.698}\right) = 0.6552$$

$$R(157.796) = 1 - F(157.796) = 0.3448$$

Hasil reliabilitas dari cylinder K-1-01 pada hari ke-157.796 tanpa adanya *preventive maintenance* adalah 0.3448 atau 34,5%. Kemudian dilakukan simulasi PM dengan waktu 112 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50%. Pada penghitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-112 didapatkan hasil sebesar 51.2 %.Langkah selanjutnya berupa perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu t-nT dari *tindakan preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat t = 119 dihitung sebagai berikut,

$$R(119 - 112) = 1 - \phi \left( \frac{1}{0.798748} \ln \frac{119 - 112}{114.698} \right) = 0.9998$$

Hasil peluang keandalan pada saat t = 119 sebesar 0.999 atau 99.9%, Sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat t = 119 dengan perhitungan sebagai berikut,

$$R_m(119) = R(119)^1 \times R(119 - 112) = 0.5118$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance*  $R_m(t)$  pada saat t = 119 sebesar 0.5118 atau 51.2%. Hasil perhitungan sampai dengan t = 217 disajikan pada Tabel 4.21 dibawah ini.

Tabel 4. 21 Reliabilitas K-1-01

<b>t</b>	<b>F(t)</b>	<b>R(t)</b>	<b>n</b>	<b>t</b>	<b>t-nT</b>	<b>R(T)^n</b>	<b>R(t-nT)</b>	<b>Rm(t)</b>
7	0.0002	0.9998	0	0	7	1	0.9998	0.99977
14	0.0042	0.9958	0	0	14	1	0.9958	0.99577
21	0.0168	0.9832	0	0	21	1	0.9832	0.98323
28	0.0387	0.9613	0	0	28	1	0.9613	0.96125
35	0.0686	0.9314	0	0	35	1	0.9314	0.93136
42	0.1042	0.8958	0	0	42	1	0.8958	0.89576
49	0.1435	0.8565	0	0	49	1	0.8565	0.85651
56	0.1847	0.8153	0	0	56	1	0.8153	0.8153

t	F(t)	R(t)	n	t	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
63	0.2266	0.7734	0	0	63	1	0.7734	0.77341
70	0.2682	0.7318	0	0	70	1	0.7318	0.73179
77	0.3089	0.6911	0	0	77	1	0.6911	0.69108
84	0.3483	0.6517	0	0	84	1	0.6517	0.65172
91	0.3860	0.6140	0	0	91	1	0.6140	0.614
98	0.4219	0.5781	0	0	98	1	0.5781	0.57808
105	0.4560	0.5440	0	0	105	1	0.5440	0.54403
112	0.4881	0.5119	1	112	0	0.51189	1	0.51189
119	0.5184	0.4816	1	112	7	0.51189	0.9998	0.51177
126	0.5468	0.4532	1	112	14	0.51189	0.9958	0.50972
133	0.5735	0.4265	1	112	21	0.51189	0.9832	0.5033
140	0.5985	0.4015	1	112	28	0.51189	0.9613	0.49205
147	0.6220	0.3780	1	112	35	0.51189	0.9314	0.47675
154	0.6439	0.3561	1	112	42	0.51189	0.8958	0.45853
161	0.6644	0.3356	1	112	49	0.51189	0.8565	0.43844
168	0.6836	0.3164	1	112	56	0.51189	0.8153	0.41734
175	0.7016	0.2984	1	112	63	0.51189	0.7734	0.3959
182	0.7184	0.2816	1	112	70	0.51189	0.7318	0.37459
189	0.7341	0.2659	1	112	77	0.51189	0.6911	0.35375
196	0.7488	0.2512	1	112	84	0.51189	0.6517	0.33361
203	0.7626	0.2374	1	112	91	0.51189	0.6140	0.3143
210	0.7755	0.2245	1	112	98	0.51189	0.5781	0.29591
217	0.7876	0.2124	1	112	105	0.51189	0.5440	0.27848

#### 4.5 Analisis Komponen Biaya

Dalam melakukan perhitungan biaya perawatan mesin diperlukan beberapa variabel yang mempengaruhi total biaya perawatan tersebut mulai dari tenaga kerja, komponen pengganti, hingga biaya kebutuhan lainnya seperti pelumas. Tabel 4.22 dibawah ini merupakan komponen biaya yang digunakan untuk melakukan perawatan mesin kompresor.

Tabel 4. 22 Komponen biaya perawatan

Komponen Biaya	Biaya	Satuan	Keterangan
Biaya Spare Part	Rp 39,052,425.30	Part/breakdown	Cylinder K-3-02
	Rp 39,744,270.00	Part/breakdown	Cylinder K-5-02

	Rp 5,888,040.00	<i>Part/breakdown</i>	Valve K-1-01
Biaya Tenaga Kerja	Rp 32,000.00	Orang/jam	<i>Preventive (internal)</i>
	Rp 300,000.00	Vendor/jam	Repair (vendor)
Biaya Lainnya	Rp 7,500,000.00	<i>Pcs/breakdown</i>	Pelumas

Komponen biaya yang digunakan antara lain harga komponen, biaya tenaga kerja dan biaya kebutuhan perawatan atau biaya lainnya. Tenaga kerja yang digunakan untuk kebijakan pengantian komponen dilakukan melalui vendor yang ditunjuk, sementara untuk kegiatan preventive dilakukan oleh pegawai internal perusahaan yang dimana diperlukan sebanyak 5 orang dalam melakukan perawatan tersebut. Berdasarkan tujuan dalam mengetahui biaya perawatan yang dibebankan ke perusahaan, maka dilakukan perhitungan biaya perawatan dengan model matematis sebagai berikut.

$$C = (t \times O \times K) + S + L$$

Dengan :

- C = Total biaya
- t = waktu perbaikan
- O = Jumlah tenaga kerja
- K = Biaya tenaga kerja/jam
- S = Biaya spare part
- L = Biaya pelumas/lain-lain

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat dihitung jumlah biaya perawatan untuk kebijakan awal dan kebijakan baru yang kemudian didapatkan selisih biaya perawatan serta kerugian atau keuntungan yang didapatkan dari penerapan kebijakan tersebut.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Jenis Distribusi Komponen

##### 5.1.1 Cylinder K-3-02

Tabel 5.1 dibawah ini merupakan hasil perhitungan *index of fit* untuk komponen cylinder K-3-02 yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi kerusakan komponen.

Tabel 5. 1 Nilai Distribusi K-3-02

<b>Distribusi</b>	<b><i>Index of fit (r)</i></b>
Normal	0.933314
Lognormal	0.959091
<b>Weibull</b>	<b>0.98777</b>
Eksponensial	0.98534

Perhitungan *index of fit* dari komponen cylinder K-3-02 diketahui bahwa bentuk distribusi kerusakan pada komponen tersebut adalah Weibull, menurut Ebeling (1997) distribusi weibul memiliki 2 parameter penting untuk mengetahui laju kerusakan maupun nilai keandalan komponen, 2 parameter tersebut adalah parameter  $\beta$  (beta) sebagai parameter bentuk dan parameter  $\theta$  (teta) sebagai parameter skala. Untuk mengetahui pola laju kerusakan pada distibusi weibull dapat terlihat dari nilai parameter bentuk.

Tabel 5. 2 Hasil distribution fit K-3-02

MTTF	82.3124
Parameter $\beta$	1.03227
Parameter $\theta$	83.3813

Tabel 5.2 menunjukkan hasil perhitungan *distribution fit* menggunakan perangkat lunak Minitab. Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi yang sudah terpilih yaitu weibul didapatkan nilai rata-rata sebesar 82.3124 dengan parameter bentuk 1.03227 dan parameter skala 83.3813. Menurut Ebling (1997), parameter bentuk ( $\beta$ ) dengan nilai 1.03227 menunjukkan bahwa laju kerusakan pada komponen cylinder K-3-02 memiliki laju kerusakan meningkat.

### 5.1.2 Cylinder K-5-02

Tabel 5.3 dibawah ini merupakan hasil perhitungan *index of fit* untuk komponen cylinder K-5-02 yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi kerusakan komponen.

Tabel 5. 3 Nilai Distribusi K-5-02

Distribusi	<i>Index of fit</i> (r)
Normal	0.910799778
Lognormal	0.957378173
Weibull	0.975342819
<b>Eksponensial</b>	<b>0.987348974</b>

Perhitungan *index of fit* dari komponen cylinder K-5-02 diketahui bahwa bentuk distribusi kerusakan pada komponen tersebut adalah Eksponensial, Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering ditemui dalam keandalan. Ciri-ciri distribusi ini berupa data laju kerusakan yang konstan dan bersifat acak. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, distribusi eksponensial menjadi salah satu distribusi keandalan yang mudah dianalisis dan parameter yang digunakan adalah  $\lambda$  yang didefinisikan sebagai rata-rata kerusakan yang terjadi.

Tabel 5. 4 Hasil distribution fit K-5-02

MTTF	109.374
------	---------

Tabel 5.4 menunjukkan hasil perhitungan *distribution fit* menggunakan perangkat lunak Minitab. Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi yang sudah terpilih yaitu eksponensial didapatkan nilai rata-rata sebesar 109.974.

### 5.1.3 Valve K-1-01

Tabel 5.3 dibawah ini merupakan hasil perhitungan *index of fit* untuk komponen cylinder K-5-02 yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi kerusakan komponen.

Tabel 5. 5 Nilai Distribusi K-1-01

Distribusi	Index of fit (r)
Normal	0.810559499
<b>LogNormal</b>	<b>0.945608983</b>
Weibull	0.940422133
Eksponensial	0.926412373

Perhitungan *index of fit* dari komponen valve K-1-01 diketahui bahwa bentuk distribusi kerusakan pada komponen tersebut adalah lognormal, Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu  $s$  (parameter bentuk) dan  $t_{med}$  (parameter lokasi).

Tabel 5. 6 Hasil distribution fit K-1-01

MTTF	157.796
Parameter s	0.798748
Parameter tmed	114.698

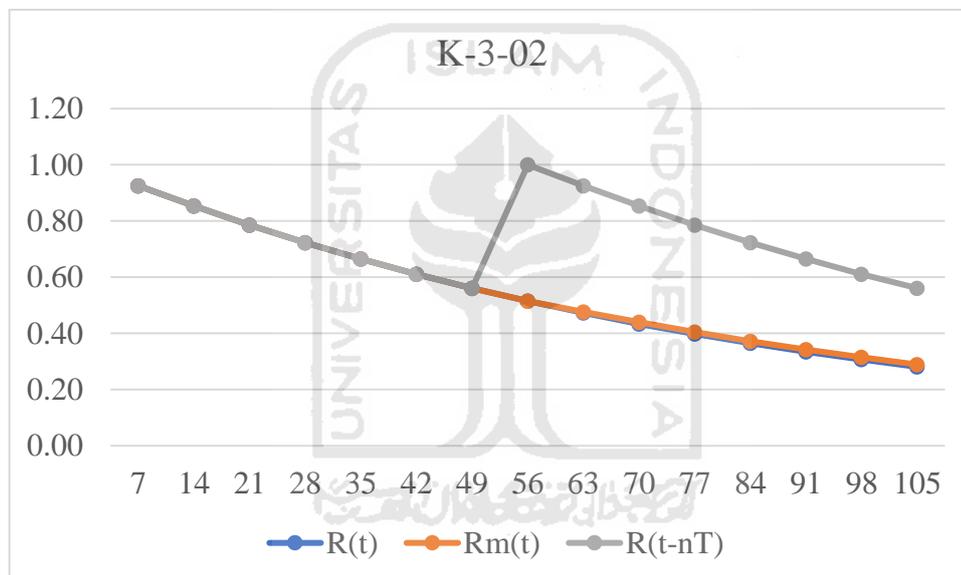
Tabel 5.6 menunjukkan hasil perhitungan *distribution fit* menggunakan perangkat lunak Minitab. Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi yang sudah terpilih yaitu

lognormal didapatkan nilai rata-rata sebesar 157.796, nilai parameter bentuk ( $s$ ) 0.798748 dan nilai  $t_{med}$  114.698.

## 5.2 Keandalan Komponen

### 5.2.1 Cylinder K-3-02

Hasil perhitungan nilai MTTF dari komponen cylinder K-3-02 sebesar 82.3124 hari dengan nilai kendalan sebesar 37.3% , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan PM pada interval 56 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 51.5%. Hasil simulasi PM disajikan pada Gambar 5.1

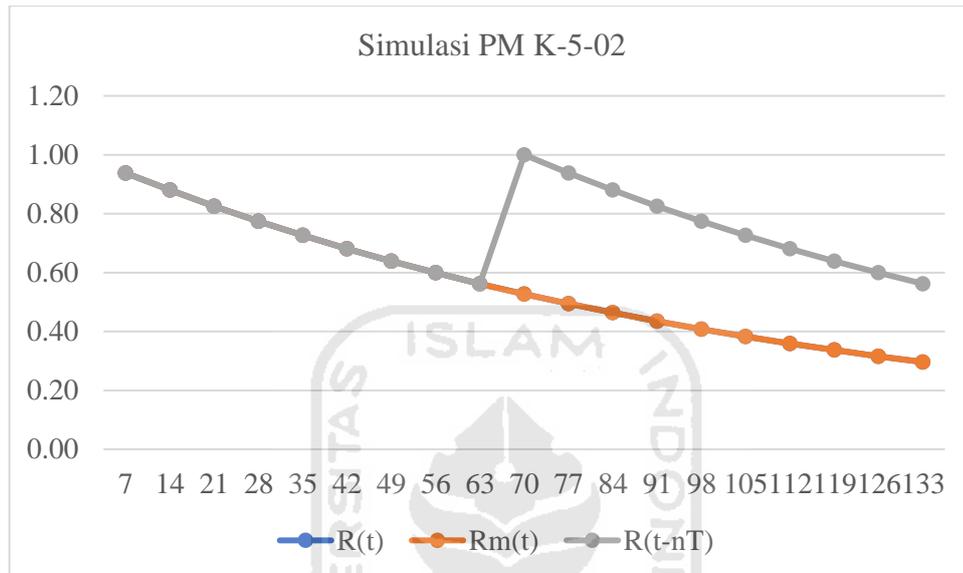


Gambar 5. 1 Simulasi PM K-3-02

Hasil simulasi PM menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kendalan setelah dilakukan PM pada interval 56 hari, namun peningkatan tidak signifikan. Hal ini dikarenakan nilai *shape* parameter ( $\beta$ ) mendekati angka 1 yang dimana distribusi tersebut hampir menyerupai distribusi eksponensial yang dimana laju kerusakan tidak dipengaruhi umur mesin Perusahaan dapat melakukan PM pada interval 35 hari untuk mendapatkan nilai keandalan diatas 70%.

### 5.2.2 Cylinder K-5-02

Hasil perhitungan nilai MTTF dari komponen cylinder K-5-02 sebesar 109.374 hari dengan nilai kendalan sebesar 36.8% , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan PM pada interval 70 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 52.7%. Hasil simulasi PM disajikan pada Gambar 5.2

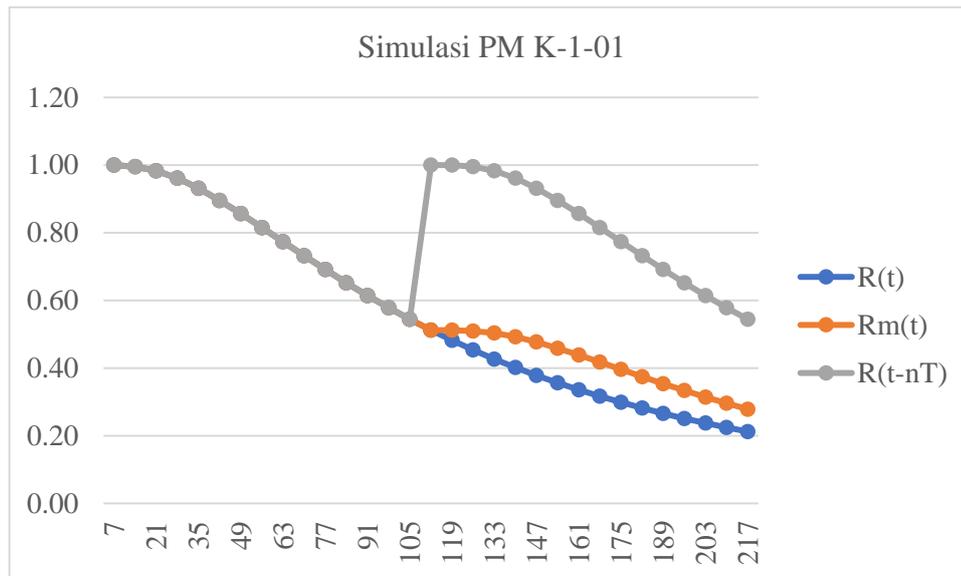


Gambar 5. 2 Simulasi PM K-5-02

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada komponen cylinder K-5-02 tidak terdapat perubahan nilai keandalan sebelum adanya PM dengan setelah dilakukan PM. Hal ini dikarenakan pada distribusi eksponensial, laju kerusakan tidak dipengaruhi oleh umur mesin. Sehingga perusahaan tidak perlu melakukan kegiatan PM untuk komponen tersebut karena dapat menimbulkan biaya yang lebih untuk perawatan. Untuk meningkatkan nilai keandalan, maka perusahaan dapat melakukan kebijakan penggantian komponen pada saat interval hari ke 70.

### 5.2.3 Valve K-1-01

Hasil perhitungan nilai MTTF dari komponen valve K-1-01 sebesar 157.796 hari dengan nilai kendalan sebesar 34.5% , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan PM pada interval 112 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 51.2%. Hasil simulasi PM disajikan pada Gambar 5.3



Gambar 5. 3 Simulasi PM K-1-01

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada komponen valve K-1-01 terdapat perubahan nilai keandalan sebelum adanya PM dengan setelah dilakukan PM. Sehingga perusahaan perlu melakukan kegiatan PM untuk meningkatkan nilai keandalan komponen tersebut. Apabila PM dilakukan pada interval 70 hari maka nilai keandalan komponen berada diatas 70%.

### 5.3 Kebijakan Perawatan

Kebijakan perawatan perlu dilakukan oleh perusahaan untuk meningkatkan nilai keandalan komponennya, dengan melakukan beberapa simulai pada sub bab sebelumnya untuk ketiga komponen diatas maka didapatkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 5.7 dibawah ini.

Tabel 5. 7 Kebijakan perawatan

Komponen	MTTF (hari)	Keandalan saat <i>failure</i>	Keandalan > 50% (hari)	Keandalan > 70% (hari)	Kebijakan Perawatan
Cylinder K-3-02	82.3124	37.3%	56	35	Pemeriksaan
Cylinder K-5-02	109.374	36.8%	70	35	Penggantian

Komponen	MTTF (hari)	Keandalan saat <i>failure</i>	Keandalan > 50% (hari)	Keandalan > 70% (hari)	Kebijakan Perawatan
Valve K-1-01	157.796	34.5%	112	70	Pemeriksaan

Kebijakan perawatan untuk komponen cylinder K-3-02 dan valve K-1-01 perlu dilakukan *Preventive Maintenance* pada saat keandalan komponen berada pada nilai diatas 70% dengan interval masing-masing 35 dan 70 hari, sementara untuk komponen cylinder K-5-02 dapat digunakan kebijakan penggantian komponen baru pada interval 35 hari dengan nilai keandalan diatas 70%. Pemilihan kebijakan dilakukan berdasar hasil simulasi PM dimana komoponen pada K-3-02 dan K-1-01 terdapat peningkatan keandalan setelah dilakukan simulasi dengan melakukan pemeriksaan mesin dengan melakukan inspeksi selama 1 jam untuk mesin tersebut. Inspeksi dilakukan unutm mengetahui kondisi serta melakukan kalibrasi dengan petunjuk yang seharusnya, sementara untuk komponen K-5-02 setelah dilakukan PM tidak terdapat perubahan nilai keandalan apabila dilakukan PM sehingga kebijakan yang dipilih adalah penggantian komponen yang rusak dengan komponen baru untuk mengembalikan nilai keandalan komponen menjadi 100 % kembali.

#### 5.4 *Opportunity Loss*

Potensi kehilangan dapat dilihat melalui jumlah *breakdown* dalam satu tahun dengan membandingkan waktu yang dihabiskan untuk melakukan *breakdown* tersebut. Berdasarkan kebijakan perusahaan, waktu untuk melakukan penggantian komponen membutuhkan waktu 8 jam setiap komponennya, sementara untuk melakukan pengecekan diperlukan waktu 1 jam. Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 dibawah ini merupakan perbandingan jumlah dan waktu *breakdown* berdasarkan kebijakan perawatan dilakukan.

Tabel 5. 8 Waktu *breakdown* sebelum kebijakan

Komponen	MTTF (hari)	Jumlah <i>Breakdown</i> /tahun	Waktu <i>Breakdown</i> (jam)
Cylinder K-3-02	82.3124	5	40
Cylinder K-5-02	109.374	4	32
Valve K-1-01	157.796	3	24
<b>Jumlah</b>			<b>96</b>

Tabel 5. 9 Waktu *breakdown* sesudah kebijakan

Komponen	Interval Baru (hari)	Jumlah <i>Breakdown</i> /tahun	Waktu <i>Breakdown</i> (jam)
Cylinder K-3-02	35	11	11
Cylinder K-5-02	70	6	48
Valve K-1-01	70	6	6
<b>Jumlah</b>			<b>65</b>

Berdasarkan kedua Tabel tersebut maka didapatkan perbandingan waktu *breakdown* yang terjadi dalam satu tahun, Tabel 5.8 menunjukkan waktu *breakdown* sebesar 96 jam dalam satu tahun sementara pada Tabel 5.9 waktu *breakdown* hanya 65 jam dalam satu tahun, dengan demikian perusahaan dapat melakukan penghematan waktu untuk *breakdown* sebanyak 31 jam dalam satu tahun.

## 5.5 Biaya Perawatan

Penentuan biaya perawatan dibutuhkan tiga variable biaya yaitu biaya pembelian komponen baru, biaya tenaga kerja, dan biaya lain-lain (pelumas). Perhitungan menggunakan persamaan yang telah disajikan pada subbab Analisis Komponen Biaya pada bab 4, biaya yang diperlukan untuk melakukan perawatan dalam satu tahun sebelum kebijakan ditunjukkan pada Tabel 5.10 dibawah ini.

Tabel 5. 10 Biaya perawatan sebelum kebijakan

Komponen	Biaya Tenaga kerja	Biaya Spare Part	Biaya Lain	Total
Cylinder K-3-02	Rp 12,000,000	Rp 195,262,127	Rp 37,500,000	Rp 244,762,127
Cylinder K-5-02	Rp 9,600,000	Rp 158,977,080	Rp 30,000,000	Rp 198,577,080
Valve K-1-01	Rp 7,200,000	Rp 17,664,120	Rp 22,500,000	Rp 47,364,120
<b>Jumlah</b>				<b>Rp 490,703,327</b>

Biaya tenaga kerja pada perawatan sebelum kebijakan dibebankan kepada vendor yang mengerjakan kegiatan penggantian komponen mesin. Biaya *spare part* juga mempengaruhi biaya perawatan karena komponen dilakukan penggantian baru dan diperlukan biaya lain berupa pelumas komponen untuk menjaga keausan komponen dengan jumlah sebanyak total *breakdown*. Sementara untuk biaya perawatan dalam satu tahun setelah kebijakan baru ditunjukkan pada Tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5. 11 Biaya perawatan sesudah kebijakan

Komponen	Biaya Tenaga kerja	Biaya Spare Part	Biaya Lain	Total
Cylinder K-3-02	Rp 1,760,000	Rp -	Rp 82,500,000	Rp 84,260,000
Cylinder K-5-02	Rp 14,400,000	Rp 238,465,620	Rp 45,000,000	Rp 297,865,620
Valve K-1-01	Rp 960,000	Rp -	Rp 45,000,000	Rp 45,960,000
<b>Jumlah</b>				<b>Rp 428,085,620</b>

Hasil dari kebijakan baru berpengaruh terhadap komponen biaya tenaga kerja, pada kebijakan baru ini terdapat kegiatan perawatan pemeriksaan yang dimana hanya diperlukan tenaga dari internal untuk melakukannya, selain itu pada komponen biaya *spare part* hanya terdapat pada kebijakan penggantian komponen saja dan komponen

biaya lain tetap diberlakukan pada kebijakan baru untuk pelumas komponen. Pada komponen cylinder K-5-02 memiliki total biaya yang paling tinggi dikarenakan kebijakan pada perawatan tersebut berupa penggantian komponen, selain itu juga dikarenakan interval perawatan yang dipercepat untuk menjaga nilai keandalan mesin sebelum terjadi kerusakan fatal. Hasil perbandingan selisih biaya perawatan sebelum dan setelah adanya kebijakan ditampilkan pada Tabel 5.12 dibawah ini.

Tabel 5. 12 Selisih biaya perawatan

<b>Perencanaan</b>	<b>Waktu Downtime (Jam)</b>	<b>Biaya Perawatan/Tahun</b>
Sebelum kebijakan perawatan	96	Rp 490,703,327
Setelah kebijakan perawatan	65	Rp 428,085,620
<b>Perbedaan</b>		<b>Rp 62,617,707</b>

Pada Tabel 5.12, sebelum adanya kebijakan perawatan didapatkan waktu *downtime* untuk melakukan perawatan pada 3 komponen mesin kompresor selama 96 jam dalam setahun dan menimbulkan biaya perawatan sebesar Rp 490,703,327. Sedangkan pada usulan kebijakan baru waktu *downtime* perawatan pada 3 komponen mesin kompresor selama 65 jam dalam setahun serta menimbulkan biaya perawatan baru sebesar Rp 62,617,707. Dengan hasil tersebut diperoleh selisih biaya perawatan awal dengan baru sebesar Rp 62,617,707.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Hasil pengumpulan dan pengolahan data serta dilakukannya analisis data, didapatkan kesimpulan bentuk distribusi dari tiap komponennya berbeda-beda yang berpengaruh pada pola kegagalan komponen. Kebijakan perawatan baru yang perlu diterapkan untuk menghindari kegagalan komponen dan juga waktu *breakdown* yang lama. Berdasarkan parameter nilai keandalan, hanya terdapat 2 komponen yang mengalami peningkatan keandalan setelah dilakukan simulasi PM, yaitu cylinder K-3-02 dan valve K-1-01 sementara pada cylinder K-5-02 tidak terdapat peningkatan keandalan, hal ini dikarenakan laju kerusakan pada komponen tersebut tidak dipengaruhi oleh umur komponen. Pada parameter kebijakan perawatan, untuk cylinder K-3-02 dan valve K-1-01 dipilih kebijakan pemeriksaan/inspeksi komponen sesuai dengan ketentuan keadaan normal mesin, sedangkan untuk cylinder K-5-02 dilakukan kebijakan penggantian komponen lama dengan komponen baru. Dengan hasil tersebut maka didapatkan interval perawatan untuk ketiga komponen tersebut, total waktu *breakdown* untuk ketiga komponen tersebut sebesar 65 jam dalam satu tahun, turun sebanyak 31 jam dari kebijakan perawatan sebelumnya yaitu 96 jam. Interval perawatan untuk cylinder K-3-02 setiap 35 hari sekali, Cylinder K-5-02 setiap 70 hari sekali dan valve K-1-01 setiap 70 hari sekali. Dengan adanya kebijakan perawatan baru, biaya perawatan pada ketiga komponen tersebut dapat ditekan hingga Rp 62,617,707 dalam satu tahun.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu perhatian terhadap data kerusakan yang pernah terjadi sebelumnya untuk mengetahui pola kerusakan, bentuk perhatian dapat menggunakan bantuan perangkat lunak untuk didapatkan hasil pengolahan data tersebut.
2. Data jadwal perawatan diperlukan untuk mengetahui dan mencocokkan antar departemen yang terkait dalam perjalanan perawatan.
3. Penelitian dapat dilanjutkan untuk komponen kritis pada *Maintenance Area* lain mengingat masih banyak komponen-komponen yang perlu diperhatikan dalam perawatan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alrifayy, Moath et al. 2020. "Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model." *Processes* 8(6): 670.
- Assuari, Sofyan. 2008. *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Auda, Sidiq, and Suparno Suparno. 2019. "The Analysis of Doosan S500-LCV Excavator Maintenance Planning to Reduce Downtime Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Method." *IPTEK Journal of Proceedings Series* 0(5): 333.
- Bertling, Lina, Ron Allan, and Roland Eriksson. 2005. "A Reliability-Centered Asset Maintenance Method for Assessing the Impact of Maintenance in Power Distribution Systems." *IEEE Transactions on Power Systems* 20(1): 75–82.
- Carlos, Manuel Inácio da Silva, Manuel Pereira Cabrita Carlos, and Carlos de Oliveira Matias João. 2008. "Proactive Reliability Maintenance: A Case Study Concerning Maintenance Service Costs." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 14(4): 343–55. <https://doi.org/10.1108/13552510810909957>.
- Dhillon, B.S. 1997. *Reliability Engineering in System Design and Operation*. Singapore: Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- . 2002. *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. CRC Press LLC.
- Ebeling, Charles. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Fang, Feng et al. 2019. "Application of Reliability-Centered Maintenance in Metro Door System." *IEEE Access* 7: 186167–74.
- Gima Sugima, A. 2013. *Manajemen Aset Pariwisata*. Bandung: Guardaya Intimarta.
- Gupta, G., and R. P. Mishra. 2018. "Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance." *Procedia CIRP* 69(May): 905–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.122>.
- Harsanto, Budi. 2013. *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Bandung: Penerbit Unpad Press.
- Heizer, Jaz, and Barry Render. 2011. *Manajemen Operasi Buku Kedua*. Jakarta: Salemba Empat.
- HENLEY, E.J dan H. KUMAMOTO. 1981. *Reliability Engineering and Risk Assesment*.

- New Jersey: Prentice Hall.
- Kurniawan, Fajar. 2013. "Manajemen Perawatan Industri Teknik Dan Aplikasi (Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance Dan Reliability Centered Maintenance (RCM))." : 1–139.
- Lagrada, R. M. et al. 2018. "Implementation of Maintenance Program to the Generators of the Mindanao Grid Using Reliability Centered Maintenance (RCM)." *2018 IEEE Region 10 Symposium, Tensymp 2018*: 185–90.
- Lewis, E. 1994. *Introduction to Reliability Engineering*. Illionis: John Wiley & Sons, Inc.
- Manzini, Ricardo. 2010. *Maintenance for Industrial System*. London: Springer.
- Moubray, Jhon. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.
- Prasetya, Dwi, and Ika Widya Ardhyani. 2018. "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT.S)." *Journal Of Industrial And Syste Optimization* 1(1): 7–14.
- Prawirosentono, Suyadi. 2009. *Manajemen Operasi : Analisis Dan Studi Kasus*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Priyanta, Dwi, Nurhadi Siswantoro, and Madina Nur Pratiwi. 2020. "Implementation of Reliability Centered Maintenance Method for the Main Engine of Tugboat X to Select the Maintenance Task and Schedule." *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research* 5(2): 102–10.
- Priyatna, Dwi. 2000. *Keandalan Dan Perawatan*. Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Rizky, Indah et al. 2019. "Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode." *E3S Web of Conferences* 125(201 9): 3–6.
- Sanjani, Tatiara, Judi Alhilman, and Nurdinintya Athari. 2018. "Proposed Maintenance Policy and Determining Sparepart Amount Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Reliability Centered Spares (RCS) for Eurosicma E 75 Machine." *SSRN Electronic Journal*: 210–18.
- Utomo, Moch. Rezza Wira, Hari Arbiantara B, and Muh. Nurkoyim K. 2018. "Perencanaan Perawatan Mesin Pump 107 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Petrokimia Gresik." *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM)* 01(02): 33–38.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Data kerusakan K-3-02

<b>Valve</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	3/3/2020	4/28/2020	3/4/2020	Perbaikan Valve K-3-02
2	11/18/2019	11/18/2019	12/16/2019	Perbaikan Valve K-3-02
3	10/4/2019	10/18/2019	10/10/2019	Perbaikan Valve K-3-02
4	12/26/2018	2/20/2019	12/28/2018	Perbaikan Valve K-3-02
5	11/30/2018	12/14/2018	12/13/2018	Perbaikan Valve K-3-02
6	11/16/2018	1/11/2019	12/27/2018	Perbaikan Valve K-3-02
7	11/16/2018	1/11/2019	12/27/2018	Perbaikan Valve K-3-02
8	11/16/2018	1/11/2019	12/27/2018	Perbaikan Valve K-3-02
9	9/24/2018	10/8/2018	2/25/2019	Perbaikan Valve K-3-02
10	9/17/2018	10/1/2018	2/25/2019	Perbaikan Valve K-3-02
11	6/29/2018	7/13/2018	4/15/2019	Perbaikan Valve K-3-02
12	6/5/2018	6/19/2018	3/19/2019	Perbaikan Valve K-3-02
13	10/24/2017	11/7/2017	11/6/2017	Perbaikan Valve K-3-02
14	9/26/2016	10/10/2016	12/28/2018	Perbaikan Valve K-3-02
15	7/23/2015	1/20/2016	1/18/2017	Perbaikan Valve K-3-02
16	1/16/2015	1/20/2016	12/29/2018	Perbaikan Valve K-3-02
<b>Cylinder</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	2/5/2020	2/19/2020	2/6/2020	Perbaikan Cylinder K-3-02
2	1/10/2020	1/24/2020	2/4/2020	Perbaikan Cylinder K-3-02
3	12/18/2019	1/1/2020	2/7/2020	Perbaikan Cylinder K-3-02
4	9/23/2019	10/7/2019	2/7/2020	Perbaikan Cylinder K-3-02
5	9/17/2019	11/12/2019	11/29/2019	Perbaikan Cylinder K-3-02
6	1/18/2019	3/15/2019	1/23/2019	Perbaikan Cylinder K-3-02
7	11/19/2018	1/14/2019	12/27/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
8	11/16/2018	1/11/2019	4/15/2019	Perbaikan Cylinder K-3-02
9	4/12/2018	4/26/2018	11/26/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
10	1/19/2018	2/2/2018	2/5/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
11	11/17/2017	12/1/2017	12/4/2017	Perbaikan Cylinder K-3-02
12	9/13/2017	9/27/2017	1/26/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
13	7/25/2017	8/8/2017	8/7/2017	Perbaikan Cylinder K-3-02
14	5/19/2017	6/2/2017	9/9/2019	Perbaikan Cylinder K-3-02
15	1/3/2017	1/31/2017	3/19/2019	Perbaikan Cylinder K-3-02
16	12/15/2016	12/29/2016	12/30/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
17	11/28/2016	12/12/2016	12/30/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
18	7/22/2016	8/5/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02

19	5/15/2016	5/30/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02
20	1/24/2016	2/25/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-3-02

#### Oil Crankshaft

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	6/28/2018	7/12/2018	7/5/2018	K-3-02 Perbaikan bocoran oli crankshaft
2	2/9/2018	2/23/2018	11/26/2018	K-3-02 Perbaikan bocoran oli crankshaft
3	2/9/2018	2/23/2018	11/26/2018	K-3-02 Perbaikan bocoran oli crankshaft
4	2/9/2018	2/23/2018	11/26/2018	K-3-02 Perbaikan bocoran oli crankshaft
5	10/6/2017	10/20/2017	3/19/2019	K-3-02 Perbaikan bocoran oli crankshaft

#### Gear box

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	7/15/2019	7/29/2019	2/4/2020	K-3-02 Perbaikan gear box
2	12/26/2018	2/20/2019	12/28/2018	K-3-02 Perbaikan gear box
3	11/19/2018	1/14/2019	1/24/2019	K-3-02 Perbaikan gear box
4	3/22/2018	4/5/2018	11/26/2018	K-3-02 Perbaikan gear box
5	2/18/2018	3/4/2018	2/25/2019	K-3-02 Perbaikan gear box
6	10/9/2017	10/23/2017	10/25/2017	K-3-02 Perbaikan gear box
7	6/14/2017	6/28/2017	6/14/2017	K-3-02 Perbaikan gear box
8	5/12/2015	1/20/2016	1/2/2019	K-3-02 Perbaikan gear box
9	5/9/2015	1/20/2016	1/17/2017	K-3-02 Perbaikan gear box
10	7/4/2014	1/20/2016	10/4/2017	K-3-02 Perbaikan gear box

#### Lorenz coupling

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	3/22/2018	4/5/2018	11/26/2018	K-3-02 Lorez Coupling
2	6/20/2017	7/4/2017	1/12/2018	K-3-02 Lorez Coupling
3	7/5/2016	7/19/2016	12/31/2018	K-3-02 Lorez Coupling
4	9/2/2014	1/20/2016	10/4/2017	K-3-02 Lorez Coupling

## Lampiran 2 Data kerusakan K-3-02

<b>Rod</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	9/17/2019	10/29/2019	3/2/2020	Perbaikan packing rod K-5-02B
2	8/28/2019	10/23/2019	9/3/2019	Perbaikan packing rod K-5-02B
3	12/26/2018	1/9/2019	12/27/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
4	6/26/2018	8/21/2018	7/18/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
5	4/5/2018	5/17/2018	4/9/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
6	3/5/2018	4/30/2018	4/10/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
7	11/27/2017	1/8/2018	12/21/2017	Perbaikan packing rod K-5-02B
8	10/28/2016	12/9/2016	12/31/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
9	6/20/2016	7/4/2016	12/31/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
10	6/7/2016	6/21/2016	12/31/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
11	6/7/2016	6/21/2016	12/31/2018	Perbaikan packing rod K-5-02B
<b>Ring</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	8/28/2019	10/23/2019	8/30/2019	perbaikan ring K-5-02
2	3/20/2018	4/3/2018	4/2/2018	perbaikan ring K-5-02
<b>Valve</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	1/20/2020	3/2/2020	2/10/2020	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
2	12/19/2019	1/30/2020	1/20/2020	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
3	10/27/2019	11/10/2019	10/29/2019	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
4	12/27/2018	2/21/2019	2/13/2019	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
5	1/1/2019	2/26/2019	8/1/2019	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
6	8/21/2018	10/16/2018	9/17/2018	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
7	8/1/2017	8/15/2017	2/12/2018	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
8	2/20/2017	3/6/2017	9/10/2019	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
9	5/2/2016	5/16/2016	12/28/2018	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
10	7/6/2015	2/17/2016	1/2/2019	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
11	2/24/2015	2/17/2016	11/12/2018	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
12	1/23/2014	1/20/2016	12/29/2018	Perb valve kompressor K-5-02, rusak
<b>Cylinder</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	12/18/2019	1/1/2020	12/18/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
2	10/29/2019	12/10/2019	12/3/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
3	9/10/2019	11/5/2019	9/11/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
5	12/27/2018	2/21/2019	8/1/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
4	11/5/2018	12/17/2018	6/25/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
6	5/4/2018	5/18/2018	5/18/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
7	3/6/2018	5/1/2018	3/14/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
8	3/16/2017	4/27/2017	3/19/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02

9	1/12/2017	1/26/2017	2/12/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
10	1/10/2017	1/24/2017	2/12/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
11	1/3/2017	1/17/2017	1/13/2017	Perbaikan Cylinder K-5-02
12	7/13/2016	9/7/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
13	4/7/2016	4/21/2016	12/28/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
14	4/4/2016	4/18/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
15	3/4/2016	5/13/2016	12/31/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
16	11/30/2015	2/17/2016	12/28/2018	Perbaikan Cylinder K-5-02
17	9/18/2015	2/17/2016	1/1/2019	Perbaikan Cylinder K-5-02
<b>Stuffing</b>				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	2/12/2019	4/9/2019	2/13/2019	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
2	9/24/2018	11/19/2018	9/26/2018	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
3	6/1/2016	6/15/2016	12/28/2018	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
4	1/16/2015	2/17/2016	1/2/2019	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
5	12/5/2014	2/17/2016	12/27/2016	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
6	11/20/2014	2/17/2016	12/29/2018	Perb.K-5-02 bocoran stuffing box
<b>Unloader</b>				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	10/24/2017	11/7/2017	9/10/2019	Perbaikan unloader CP K-5-02
2	9/29/2014	1/7/2016	3/29/2016	Perbaikan unloader CP K-5-02
<b>Piston</b>				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	1/16/2017	1/30/2017	9/9/2019	Repair Piston Rod 2nd stage K-5-02
2	7/12/2016	9/6/2016	8/11/2016	Repair Piston Rod 2nd stage K-5-02
<b>Pocket</b>				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	1/3/2017	1/17/2017	1/9/2017	Perb clearance pocket K-5-02
2	5/15/2013	1/21/2016	1/16/2017	Perb clearance pocket K-5-02,rusak

## Lampiran 3 Data kerusakan K-3-02

<b>Valve</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	12/19/2019	2/13/2020	12/19/2019	Perb.Valve K-1-01
2	10/9/2019	12/4/2019	10/23/2019	Perb.Valve K-1-01
3	5/31/2019	7/26/2019	5/31/2019	Perb.Valve K-1-01
4	11/22/2017	1/3/2018	1/18/2018	Perb.Valve K-1-01
5	7/4/2017	8/15/2017	3/19/2019	Perb.Valve K-1-01
6	6/13/2017	6/27/2017	3/19/2019	Perb.Valve K-1-01
7	2/21/2017	4/4/2017	9/10/2019	Perb.Valve K-1-01
8	9/28/2016	10/12/2016	12/31/2018	Perb.Valve K-1-01
9	5/30/2016	6/13/2016	12/23/2016	Perb.Valve K-1-01
10	2/15/2016	2/29/2016	12/29/2018	Perb.Valve K-1-01
11	11/16/2015	2/17/2016	12/31/2018	Perb.Valve K-1-01
12	9/8/2015	1/20/2016	12/30/2018	Perb.Valve K-1-01
13	12/22/2014	2/17/2016	1/2/2019	Perb.Valve K-1-01
<b>Ring</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	2/1/2019	2/15/2019	7/5/2019	Perb O-Ring Komp K-1-01
2	1/14/2015	2/17/2016	1/18/2017	Perb O-Ring Komp K-1-01
3	8/6/2015	2/17/2016	1/18/2017	Perb O-Ring Komp K-1-01
<b>Rod</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	9/10/2019	11/5/2019	10/1/2020	Perb packing rod k-1-01
2	2/9/2018	3/23/2018	11/15/2018	Perb packing rod k-1-01
3	7/4/2017	8/15/2017	3/19/2019	Perb packing rod k-1-01
4	5/26/2016	6/2/2016	12/31/2018	Perb packing rod k-1-01
5	4/26/2016	5/10/2016	12/28/2018	Perb packing rod k-1-01
6	1/15/2016	1/29/2016	12/29/2016	Perb packing rod k-1-01
7	1/15/2016	1/29/2016	1/2/2019	Perb packing rod k-1-01
8	4/30/2015	2/17/2016	1/18/2017	Perb packing rod k-1-01
<b>Piston</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	11/11/2019	12/23/2019	11/13/2019	Perb. Piston K-1-01
2	4/25/2016	5/9/2016	12/28/2018	Perb. Piston K-1-01
3	11/11/2019	12/23/2019	11/13/2019	Perb. Piston K-1-01
4	5/29/2019	7/10/2019	7/8/2019	Perb. Piston K-1-01
5	6/13/2014	1/20/2016	1/26/2017	Perb. Piston K-1-01
<b>Overhead</b>				
<b>No</b>	<b>Notif.date</b>	<b>Required End</b>	<b>Changed on</b>	<b>Description</b>
1	10/26/2017	12/7/2017	11/14/2017	Perbaiki Overhead Kompresor K-1-01
2	10/26/2017	12/7/2017	12/11/2017	Perbaiki Overhead Kompresor K-1-01

3	10/25/2017	12/6/2017	9/9/2019	Perbaiki Overhead Kompresor K-1-01
---	------------	-----------	----------	------------------------------------

#### Main Pump

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	12/3/2018	1/28/2019	12/5/2018	Perb.Main Oil Pump K-1-01 bocor
2	7/8/2015	1/20/2016	1/2/2019	Perb.Main Oil Pump K-1-01 bocor
3	6/22/2015	1/20/2016	10/4/2017	Perb.Main Oil Pump K-1-01 bocor

#### Cylinder

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	4/25/2016	5/9/2016	12/28/2018	Perb Cover Clylinder K-1-01
2	7/4/2014	1/20/2016	4/8/2016	Perb Cover Clylinder K-1-01
3	8/22/2013	1/21/2016	1/13/2017	Perb Cover Clylinder K-1-01

#### Fly Weel

No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	5/25/2016	6/8/2016	8/22/2016	Perbaiki fly weel comp. K-1-01



Lampiran 4 Datasheet K-3-02

3 REVISE AND RESUBMIT. WORK MAY NOT PROCEED.  
 4 REVIEW NOT REQUIRED. WORK MAY PROCEED.

MR No. 003-K-10  
 ITEM NO. K-3-02A/B/C  
 PLANT No. 3

BECHTEL GREAT BRITAIN LIMITED Date 16/2/81  
 Equipment No. K-3-02A/B/C  
 REGIROGATING COMPRESSOR DATA SHEET

APPLICABLE TO:  PROPOSALS  PURCHASE  AS BUILT  
 FOR PERTAMINA UNIT \_\_\_\_\_  
 SITE BALIKPAPAN  
 SERVICE MAKE UP HYDROGEN COMPRESSOR NO. REQD. 5  
 NOTE:  INDICATES INFORMATION TO BE COMPLETED BY PURCHASER  BY MANUFACTURER

SUPPLIER DOCUMENT REVIEW  
 Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design details, calculations, analyses, test methods or materials developed or selected by supplier and does not relieve supplier from full compliance with contractual obligations.

PLANT 3  
 HYDROCRACKER

MANUFACTURER INSEKOLL K&N SERIAL NO. X44225W, X44226W, X44226TW  
 TYPE HORIZONTAL, HORIZONTAL, MULTI-STAGE, VERTICAL RPM: MAX. 333 RATED 300 MIN. 160  
 COMPRESSOR THROWS: NO. FURNISHED 6 MAX. NO. POSSIBLE 8 MAX. FRAME Wt. 1186 @ MAX. RPM 1007 @ RATED RPM  
 DRIVER TYPE STEAM TURBINE DRIVER RATED KW 6725 RPM 3700 DRIVER FURN. BY  COMPR. MFR.,  \_\_\_\_\_

RATED OPERATING CONDITIONS (EACH MACHINE)				APPLICABLE SPECIFICATIONS			
SERVICE/ITEM NO.	<u>See Remarks Page 3</u>	<u>No</u>	<u>REGEN.</u>	<input checked="" type="radio"/> API RECIP. COMPR. SPEC. 618			
STAGE	<u>2nd</u>	<u>3rd</u>		<input type="radio"/> BECHTEL SPEC			
GAS COMPRESSED	<u>Hydrogen</u>	<u>Hydrogen</u>	<u>Hydrogen</u>	<input type="radio"/> _____			
CORROSIVE DUE TO	<u>TRACES HCL</u>						
RELATIVE HUMIDITY	<u>See Remarks</u>	<u>50%</u>	<u>50%</u>				
MOL. WGT., AT INTAKE	<u>2.5</u>	<u>2.55</u>	<u>28.02</u>				
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT SUCTION	<u>1.3254</u>	<u>1.3265</u>	<u>1.3864</u>				
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT DISCHARGE							
INLET TEMP. °C	<u>38</u>	<u>38</u>	<u>38</u>				
INLET PRESSURE, KSI/CM <sup>2</sup> A	<u>3.9</u>	<u>39.44</u>	<u>88.8</u>	<input checked="" type="radio"/> INTERSTAGE PIPING & RELIEF VALVES			
MIN ΔP BETWEEN STGS. KSI/CM <sup>2</sup>				<input type="radio"/> INTER COOLERS			
ADIABATIC DISCH. TEMP. °C	<u>150</u>	<u>120.5</u>	<u>117.1</u>	<input checked="" type="radio"/> SEPARATE MOISTURE SEPARATORS W/TRAPS			
DISCHARGE PRESS. KSI/CM <sup>2</sup> A	<u>41.2</u>	<u>21.47</u>	<u>200.43</u>	<input type="radio"/> AFTER COOLERS			
Z @ SUCTION	<u>1.0133</u>	<u>1.0194</u>	<u>1.0371</u>	<input checked="" type="radio"/> COOLING WATER PIPING, SINGLE			
Z @ DISCHARGE	<u>1.0160</u>	<u>1.0293</u>	<u>1.1141</u>	<input checked="" type="radio"/> INLET-OUTLET MANIFOLD W/VALVES			

EXPECTED (CAPACITY TOLERANCE ±3%; BHP TOLERANCE ±3%)  
 LBS/HR. WET  
 INLET M<sup>3</sup> (CORRECTED) 3428.5 1684 757  
 CAPACITY NM<sup>3</sup>/HR 40081 55385 55340  
 POWER KW / STAGE 1875.3 1923.7 1949.4  
 TOTAL KW (LESS SEAR LOSS) 5748.4

\*\*RATED PER API (CAPACITY TOLERANCE ±0%; BHP TOLERANCE ±0%)  
 LBS/HR. WET  
 INLET M<sup>3</sup> (CORRECTED) 3320 635 735  
 CAPACITY NM<sup>3</sup>/HR 58914 53772 53772  
 POWER KW / STAGE 1875.3 1923.7 1949.4  
 TOTAL KW (LESS SEAR LOSS) 5748.4 (TAKEN AT 5749)  
 TOTAL KW REQUIRED BY DRIVER (W/GEAR LOSS INCLUDED) 5879

TO PERMIT OPERATION  
 AT AN INLET NM<sup>3</sup>/HR 35671 49304 42304  
 POCKETS ~~POCKETS~~ OPEN\* HF HF HF  
 INLET PRESSURE KSI/CM<sup>2</sup>A 13.9 39.44 88.8  
 DISCHARGE PRES. KSI/CM<sup>2</sup>A 41.2 21.47 200.43  
 DISCH. TEMP. °C 150 120.5 117.1  
 POWER KW / STAGE 1735 1778 1802  
 TOTAL KW (W/GEAR LOSS INCLUDED) 5445

RELIEF VALVE OPERATION  
 AT A RESULTING FLOW NM<sup>3</sup>/HR 34960 47017 47017\*  
 MAX COMBINED LOAD KS 67135 63410 71777\* (Compress. air)  
 INLET PRESSURE KSI/CM<sup>2</sup>A 13.9 39.44 88.8  
 DISCHARGE PRES. KSI/CM<sup>2</sup>A 40.22 105.46 225  
 DISCH. TEMP. °C 175 137 131\*  
 KW / STAGE 2079 2232 2191\*  
 TOTAL KW (W/GEAR LOSS INCLUDED) 6632\*

\*S = SUCTION VALVE UNLOADERS H = HEAD END C = CRANK END F = FIXED POCKET OPEN V = VARIABLE POCKET OPEN  
 \*\* SEE A.P.I. PAR. 55 (NO NEGATIVE TOLERANCE, ETC.)

#	DATE	DESCRIPTION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
23.6.81	MODIFIED FOR FINAL PERFORMANCE.	14177	DS-3-K-02	2	
15.6.81	PURCHASE ISSUE				
6.10.59	ISSUED FOR 2 DRS				

208 Sheet 1 of 4 MAY 1978





3

MR No. 003-K-10  
 ITEM NO. K-3-02 A/B/C  
 PLANT No. 3

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

GAS ANALYSIS		RATED OPERATING CONDITIONS				REMARKS
MOL %	M.W.	STS 1	STS 2	STS 3	RESEN	
IR	28,966					
OXYGEN	32,000				21.0	
NITROGEN	28,016				79.0	
WATER VAPOR	18,016	0.44	0.19	0.08		
CARBON MONOXIDE	28,010					
CARBON DIOXIDE	44,010					
HYDROGEN SULFIDE	34,076					
HYDROGEN	2,016	96.57	95.85	95.95		
METHANE	16,042	2.99	3.05	3.05		
ETHYLENE	28,052					
ETHANE	30,068		0.44	0.45		
PROPYLENE	42,078					
PROPANE	44,094		0.72	0.72		
i-BUTANE	58,120		0.04	0.04		
n-BUTANE	58,120		0.05	0.05		
i-PENTANE	72,146		0.02	0.02		
n-PENTANE	72,146		0.01	0.01		
HEXANE PLUS			0.01	0.01		
HCL		TRACE	TRACE	TRACE		
TOTAL		100	100	100	100	
AVG. MOL. WT.		2.5	2.99	2.85	2.88	

REMARKS: AIR & N<sub>2</sub> STARTUP

SERVICE	N <sub>2</sub> STARTUP	AIR RESEN
REQUESTED CAP NM <sup>3</sup> /HR	6000	2690
STAGE	1 2 3	1 2 3
POCKET SETTINGS	OPEN OPEN OPEN	OPEN OPEN OPEN
UNLOADER SETTINGS	ALL ENDS UNLOADED ONE OR UNLOADED ONE OR UNLOADED	ALL ENDS UNLOADED ONE OR UNLOADED ONE OR UNLOADED
T <sub>1</sub> °C	38 38 38	38 38 38
T <sub>2</sub> °C ADIABATIC	38 112 64	38 130.5 127.5
P <sub>1</sub> KS/KM <sup>2</sup> A	7 7 14.34	8.06 8.06 19.5
P <sub>2</sub> KS/KM <sup>2</sup> A	7 14.77 19	8.06 20.12 47.51
AVAILABLE CAPACITY	7545.3 NM <sup>3</sup> /HR	8239.9 NM <sup>3</sup> /HR
KW/STAGE	- 298 158	- 378 371
TOTAL KW INC GEARLOSS	586KW	879KW

SKETCH:

P. & C. 15-268 Sheet 3 of 4 MAY 1978

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
	15.6.81	PURCHASE ISSUE		DS-3-K-02	2
	6.10.80	ISSUE FOR ENQUIRY			

4

4

MR No 003-10-10  
 ITEM NO. K-3-02A/K/C  
 PLANT No 3

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

CYLINDER DATA				COMPRESSOR PACKING	
ITEM NO./SERVICE	K-302 <u>2 1/2" HD CRACK M.U.</u>			<input checked="" type="checkbox"/> FULL FLOATING VENTED PACKING	
STAGE	<u>1<sup>ST</sup> 2<sup>ND</sup> 3<sup>RD</sup></u>			<input type="checkbox"/> W/STAINLESS STEEL SPRINGS	
NO. OF CYL. PER STAGE	<u>2 2 2</u>			<input checked="" type="checkbox"/> FORCED FEED LUBRICATED	
TYPE CYL. COOLING REQD.	<u>CLOSED CIRCUIT C.W.</u>			<input type="checkbox"/> NON-LUBRICATED <input checked="" type="checkbox"/> TEFLON <input type="checkbox"/> CARBON	
TYPE CYL. (STEP)(TANDEM)	<u>VALVE IN BARREL (1 CYL PER TANK)</u>			<input checked="" type="checkbox"/> WATER COOLED	
SINGLE/DOUBLE ACTING	<u>DA DA DA</u>			<input type="checkbox"/> PROVISIONS FOR FUTURE (WATER) (OIL)	
CYLINDER LINER YES/NO	<u>YES YES YES</u>			COOLING <u>FLARE</u>	
CYLINDER LINER WET/DRY	<u>DRY DRY DRY</u>			<input checked="" type="checkbox"/> VENTED TO <u>FLARE</u>	
OUTSIDE DIAM. LINER, INCHES MM	<u>533.4</u>	<u>361.95</u>	<u>285.75</u>	DISTANCE PIECE	
BORE, INCHES MM	<u>425.3</u>	<u>336.55</u>	<u>234.95</u>	<input type="checkbox"/> STANDARD	
STROKE, INCHES MM	<u>355.6</u>	<u>355.6</u>	<u>355.6</u>	<input type="checkbox"/> EXTRA LONG SINGLE COMPARTMENT	
PISTON DISPLACEMENT, CFM M <sup>3</sup> /Hr	<u>4771.6</u>	<u>2115.7</u>	<u>247.99</u>	<input checked="" type="checkbox"/> TWO COMPARTMENT	
CLEARANCE, % [SEE NOTE 6]	<u>16.78</u>	<u>17.76</u>	<u>21.55</u>	<input checked="" type="checkbox"/> SOLID COVER <input type="checkbox"/>	
VOLUMETRIC EFFICIENCY, %	<u>71.85</u>	<u>79.6</u>	<u>79.0</u>	<input checked="" type="checkbox"/> VENTED TO <u>ATMOS.</u> <input type="checkbox"/> DESIGN PRESS., PSIG	
API VALVE GAS VELOCITY, FT/SEC	<u>40.44</u>	<u>24.89</u>	<u>25.4</u>	LUBRICATION	
NO. INLET/DISCH. VALVES/CYL.	<u>2/1 2/2 2/2</u>			FRAME	
TYPE OF VALVES	<u>CHANNEL CHANNEL MANG</u>			<input type="checkbox"/> SPLASH SYSTEM	
INLET/DISCH. VALVE LIFT, INCHES	<u>2.35/1.93</u>	<u>1.905/1.905</u>	<u>2.66/2.02</u>	<input checked="" type="checkbox"/> PRESSURE SYSTEM (INCLUDE THE FOLLOWING)	
MAX. ALLOW PISTON SPEED, FPM M/S	<u>Not Over 3.56</u>			<input checked="" type="checkbox"/> MAIN OIL PUMP DRIVEN BY (ELEC. MOTOR) <input type="checkbox"/>	
NORMAL PISTON SPEED, FPM M/S	<u>3.556</u>	<u>3.556</u>	<u>3.556</u>	<input checked="" type="checkbox"/> AUX. OIL PUMP DRIVEN BY ELECTRIC MOTOR	
ROD DIAMETER, INCHES MM	<u>127</u>	<u>127</u>	<u>127</u>	<input type="checkbox"/> HAND OPERATED PUMP FOR STARTING	
MAX. ALLOW. ROD LOADING T	<u>81633</u>	<u>81633</u>	<u>81633</u>	<input checked="" type="checkbox"/> SYSTEM OIL CAPACITY <u>300</u> GALS.	
MAX. ALLOW. ROD LOADING C	<u>81633</u>	<u>81633</u>	<u>81633</u>	<input checked="" type="checkbox"/> TYPE OIL <u>MINIGAL</u> GRADE <u>SAE 10</u>	
ACTUAL ROD LOAD, T (GAS LOAD)	<u>47385</u>	<u>34240</u>	<u>23070</u>	<input type="checkbox"/> ELEC. HTR. W/THERMOSTAT <input type="checkbox"/> STEAM COIL	
ACTUAL ROD LOAD, C (GAS LOAD)	<u>54093</u>	<u>51272</u>	<u>50454</u>	TYPE BEARINGS <input checked="" type="checkbox"/> SLEEVE <input type="checkbox"/> BALL <input type="checkbox"/>	
ACTUAL ROD LOAD, T (GAS & INERTIA)	<u>44919</u>	<u>33919</u>	<u>23546</u>	BRG. MATL. <input checked="" type="checkbox"/> ALUM. <input type="checkbox"/> BABBIT <input type="checkbox"/>	
ACTUAL ROD LOAD, C (GAS & INERTIA)	<u>52300</u>	<u>53356</u>	<u>62678</u>	<input type="checkbox"/> OUTBOARD BEARING INCLUDED <input type="checkbox"/> TYPE _____	
DEGREES ROD REVERSAL	<u>180</u>	<u>185</u>	<u>200</u>	CYLINDERS	
MAX. ALLOW. CYL. WKG. PRESS. PSIG	<u>59.76</u>	<u>105.5</u>	<u>226.75</u>	LUBRICATOR TO BE DRIVEN BY:	
MAX. ALLOW. CYL. TEMP. °C	<u>177</u>	<u>177</u>	<u>177</u>	<input type="checkbox"/> COMPRESSOR SHAFT <input checked="" type="checkbox"/> ELECTRIC MOTOR <input type="checkbox"/> BOTH	
RECOM. RELIEF VALVE, BARG/KG/CM <sup>2</sup>	<u>49.2</u>	<u>105.5</u>	<u>225.0</u>	LUBRICATOR CAPACITY <input type="checkbox"/> 24 HR. <input type="checkbox"/>	
HYDROSTATIC TEST, BARG/KG/CM <sup>2</sup>	<u>119.52</u>	<u>211</u>	<u>453.5</u>	<input checked="" type="checkbox"/> TYPE OIL <u>MINIGAL</u> GRADE <u>LATER</u>	
SUCTION SIZE/RATING	<u>12" 400#</u>	<u>6" 200#</u>	<u>6" 1500#</u>	<input checked="" type="checkbox"/> LUBRICATOR MAKE <u>LATER</u> MODEL <u>LATER</u>	
FACING	<u>FF</u>	<u>RTJ</u>	<u>RTJ</u>	<input type="checkbox"/> STEAM COIL <input type="checkbox"/> NO. OF COMP. _____	
DISCH. SIZE/RATING	<u>12" 400#</u>	<u>6" 200#</u>	<u>6" 1500#</u>	<input type="checkbox"/> ELECTRIC HEATER W/THERMOSTAT <u>COMPLETE</u>	
FACING	<u>FF</u>	<u>RTJ</u>	<u>RTJ</u>	<input type="checkbox"/> BARRING DEVICE <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> PNEU.	
POSITION FROM DRIVER END*				<input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - LOW SPEED	
COMPRESSOR MATERIALS				MFR. <u>LOW REZ</u> MODEL <u>M</u>	
CYLINDERS	<u>CI</u>	<u>FS</u>	<u>FS</u>	TYPE <u>DESIGNALLY SPT (SEE DS-3-K-15)</u>	
CYLINDER LINERS	<u>CI</u>	<u>CI</u>	<u>CI</u>	<input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - HIGH SPEED	
PISTONS	<u>CI</u>	<u>CI</u>	<u>STEEL</u>	MFR. <u>KENDIX</u> MODEL _____	
PISTON RINGS	<u>SUBSTITUTED FILLED PTFE</u>			TYPE _____ (SEE DS-3-K-14)	
RIDER RINGS	<u>SUBSTITUTED FILLED PTFE</u>			<input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - (MAIN)(AUX) OIL PUMP	
PISTON RODS	<u>AS31 4140 HARDENED IN TENSILE AREA</u>			MFR. _____ MODEL _____	
PISTON ROD HARD, (ROCKWELL "C")	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	TYPE _____	
VALVE SEATS	<u>CI</u>	<u>UI</u>	<u>SS</u>	TYPE GUARDS <input type="checkbox"/> CODE <input type="checkbox"/> STANDARD <input checked="" type="checkbox"/> NON-SPARK	
VALVE STOPS	<u>CI</u>	<u>CI</u>	<u>CS</u>	<input type="checkbox"/> STATIC COND. V-BELTS <input type="checkbox"/> TOT. ENCL. V-BELT GRD.	
VALVE PLATES	<u>SS</u>	<u>SS</u>	<u>SS</u>	AIR INTAKE FILTER BY: <input type="checkbox"/> COMP. MFR. <input type="checkbox"/> PURCH.	
VALVE SPRINGS	<u>SS</u>	<u>SS</u>	<u>SS</u>	<input type="checkbox"/> MFR. _____ MODEL _____	
ROD PACKING	<u>CLASS/NOY FILLED PTFE</u>			<input type="checkbox"/> TYPE _____ <input type="checkbox"/> FLANGED OUTLET CONNECTION	
REMARKS:	<p>5: RELIEF VALVES SUPPLIED BY OTHERS VENDOR TO ADVISE COMP W/RE AT RELIEVING COND</p> <p>4: 125 AARN (100MM - 150MM)</p> <p>5: VENT LINE TO PACKING STAND SHALL BE RATED FOR CYL DESIGN PRESSURE</p> <p>6: THESE FIGS. ARE TOTAL % CLEARANCE. NAMEPLATES SHOW % STD CLEARANCE PLUS ADDED CLEARANCE VOLUME</p>				

P. E. K-268 Sheet 4 of 4 MAY 1978

\*OR FLYWHEEL RH = RIGHT HAND LH = LEFT HAND OS = OUTBOARD IB = INBOARD

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
1	15.12.81	MODIFIED AND NOTE 6: ADDED			
	15.6.81	PURCHASE ISSUE		DS-3-K-02	3
	6.10.80	ISSUE FOR QUOTE			
SHEET 4 OF 5					

4

## PULSATION SUPPRESSION DEVICES

SUCTION	1ST. ST.	2ND. ST.	3RD. ST.
EQUIPMENT TAG NO			
OPERATING PRESS $\text{KG}/\text{CM}^2\text{A}$	14.74	39.91	88.08
OPERATING TEMP $^{\circ}\text{C}$	38	38	38
DESIGN PRESS $\text{KG}/\text{CM}^2\text{G}$	21.1	49.2	98.4
DESIGN TEMP $^{\circ}\text{C}$	121	121	121
MAX PRESS DROP $\text{KG}/\text{CM}^2$	0.16	0.37	0.81
ALLOWABLE PULSATION AMPLITUDE PEAK TO PEAK $\text{KG}/\text{CM}^2$	0.25	0.48	0.82

## DISCHARGE

EQUIPMENT TAG NO			
OPERATING PRESS $\text{KG}/\text{CM}^2\text{A}$	41.67	90.75	200.43
OPERATING TEMP $^{\circ}\text{C}$	148	122	123
DESIGN PRESSURE $\text{KG}/\text{CM}^2\text{G}$	49.2	105.5	225.0
DESIGN TEMP $^{\circ}\text{C}$	232	204	204 177
MAX PRESSURE DROP $\text{KG}/\text{CM}^2$	0.44	0.84	1.86
ALLOWABLE PULSATION AMPLITUDE PEAK TO PEAK $\text{KG}/\text{CM}^2$	0.50	0.84	1.42

NOTE: OPERATING PRESS & TEMP SHOWN ARE AT COMP. FLANGE

P & CE A-6490A 1979

14177	DS-3-K-02	0
-------	-----------	---

SH 5 OF 5

5

Lampiran 5 Datasheet K-5-02

MR No 14477-005-K-14  
ITEM NO. K-5-02 A/B/C  
PLANT No \_\_\_\_\_

### RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

APPLICABLE TO:  PROPOSALS  PURCHASE  AS BUILT  
FOR PERTAMINA UNIT K-5-02 A/B/C

SITE COLIWAPAN  
SERVICE NET GAS COMPRESSOR NO. REQD. THREE

NOTE:  INDICATES INFORMATION TO BE COMPLETED BY PURCHASER  BY MANUFACTURER

---

**MANUFACTURER** THOMASSEN SERIAL NO. 1037 / 1038 / 1039  
**TYPE** C-352 RPM: MAX. 500 RATED 356 MIN. 200

**COMPRESSOR THROWS:** NO. FURNISHED 2 MAX. NO. POSSIBLE 6 MAX. FRAME HP: 6250 ? MAX. RPM 4450 ? RATED RPM  
**DRIVER TYPE** STEAM TURBINE DRIVER RATED HP 1528 RPM 5400 DRIVER FURN. BY  COMPR. MFR.

RATED OPERATING CONDITIONS (EACH MACHINE)  APPLICABLE SPECIFICATIONS

SERVICE/ITEM NO.	1	2	3	4
STAGE	1	2		
GAS COMPRESSED	90% H <sub>2</sub> - SEE GAS ANALYSIS			
CORROSIVE DUE TO	HCL	H <sub>2</sub> S		
RELATIVE HUMIDITY				
MOL. WGT., AT INTAKE	6.1	5.7		
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT SUCTION	1.31805	1.32125		
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT DISCHARGE				
INLET TEMP. °F	41	52		
INLET PRESSURE, <del>PSIA</del> KG/CM <sup>2</sup> A	8.18	18.13		
MIN. ΔP BETWEEN STGS.				
ACTUAL DISCH. TEMP. °C	111.6	127		
DISCHARGE PRESS. <del>PSIA</del> KG/CM <sup>2</sup> A	18.99	42.63		
Z # SUCTION	1.005	1.011		
Z # DISCHARGE	1.011	1.016		
EXPECTED ICAPACITY TOLERANCE: ±3% BHP TOLERANCE: ±3%				
LBS/HR. NET				
INLET CFM (CORRECTED)				
MMSCFD (CORRECTED)	13993	13993		
BRAKE HORSEPOWER/STAGE KW	523.2	966.5		
TOTAL KW (W/ BELT LOSS INCLUDED)		1127.0		
**RATED PER API ICAPACITY TOLERANCE ±3% BHP TOLERANCE ±3%				
LBS/HR. NET				
INLET CFM (CORRECTED)				
MMSCFD (CORRECTED)	16271	16271		
BRAKE HORSEPOWER/STAGE KW	611.9	607.0		
TOTAL KW (W/ V-BELT LOSS)				
TOTAL KW REQUIRED BY DRIVER (W/ GEAR LOSS INCLUDED)		1312.8		

**APPLICABLE SPECIFICATIONS**

API RECIP. COMPR. SPEC. 618  
K-2

**ACCESSORIES**

COMP. MFR. SHALL FURNISH

PULSATION (DAMPERS) (VOLUME BOTTLES) FOR \_\_\_\_\_

INTERSTAGE PIPING & REL. EF VALVES

INTER COOLERS

SEPARATE MOISTURE SEPARATORS W/ TRAP

AFTER COOLERS

COOLING WATER PIPING, SINGLE INLET-OUTLET MANIFOLD  W/ VALVES

INSTRUMENT PANEL

VENDOR ANALOG STUDY REQUIRED

C.W. PACKAGES

TURBINE DRIVER & CONDENSER & GEAR

WEIGHTS AND DIMENSIONS

MAX. ERECTION WEIGHT, LBS. \_\_\_\_\_

MAX. MAINTENANCE WEIGHT, LBS. \_\_\_\_\_

TOTAL WT., LESS DRIVER & GEAR, LBS. \_\_\_\_\_

APPROX. FLOOR SPACE \_\_\_\_\_

ROD REMOVAL DISTANCE \_\_\_\_\_

SEE GEN. ARR'GT DRAWG.

---

**CAPACITY CONTROL**

TO PERMIT OPERATION AT AN INLET OF	1	2	3	4
POCKETS/VALVES OPEN*	F	S	S + F	S
INLET PRESSURE, <del>PSIA</del> KG/CM <sup>2</sup> A	8.18	8.18	8.18	
DISCHARGE PRES. <del>PSIA</del> KG/CM <sup>2</sup> A	42.63	42.63	42.63	
ACTUAL DISCH. TEMP. °C	111.6/127	115/130	115/130	
BRAKE HORSEPOWER/STAGE				
TOTAL BRAKE HORSEPOWER	1127.0	786.4	600.6	260.1

CAPACITY CONTROL SHALL BE BY:

VARIABLE SPEED TO \_\_\_\_\_ % RATED

PURCHASERS BY-PASS

MFR. STANDARD AUTOMATIC CONTROL

START/STOP  (15) STEP

PILOTTED BY REC. PRESS.

PILOTTED BY PURCH. INSTR.

W/ \_\_\_\_\_ PSIG AIR SIGNAL

CLEARANCE POCKETS, HEAD END CYL.

FIXED  VARIABLE

MANUAL  MANUAL PNEU.  AUTO.

SUPT. VALVE UNLOADERS, 4 1/2" CYL.

TYPE:  PLUG  FINGER

MANUAL  MANUAL PNEU.  AUTO.

OR AM/POWER FAILURE COMPRESSOR

UNLOAD  LOAD

\*S = SUCTION VALVE UNLOADERS H = HEAD END OF CRANK END P = PIPED POCKET OPEN V = VARIABLE POCKET OPEN  
\*\* SEE APP. FOR ADDITIONAL REQUIREMENTS, ETC.

---

**REVISIONS**

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
2		AS BUILT			
1	22-1-81	FOR PURCHASE	14-77	DS-5-K-6	1
0	17 NOV 70	FOR ENQUIRY			

SHEET 1 OF 5

MR No 14177-005-K-  
 ITEM NO. K-5-02 A/B  
 PLANT No \_\_\_\_\_

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

○ SITE DATA	□ UTILITY CONSUMPTION																																																																																																																																													
ALTITUDE <u>1 M</u> BAROMETER <u>1.03 KG/CM<sup>2</sup></u> DESIGN TEMP. °C <u>33</u> SUMMER <u>25</u> °C WINTER MIN. DESIGN WET BULB TEMP. °F _____ <input type="checkbox"/> WINTERIZATION REQD. <input checked="" type="checkbox"/> TROPICALIZATION REQD. UNUSUAL CONDITIONS: <input type="checkbox"/> DUST <input type="checkbox"/> FUMES <input checked="" type="checkbox"/> OTHER <u>COASTAL</u> EQUIPMENT SHALL BE SUITABLE FOR: <input type="checkbox"/> INDOORS <input type="checkbox"/> HEATED <input checked="" type="checkbox"/> UNHEATED <input checked="" type="checkbox"/> OUTDOORS <input type="checkbox"/> UNDER ROOF <input checked="" type="checkbox"/> WITHOUT ROOF ELECTRICAL EQUIPMENT HAZARD <u>ZONE 2 GR. EX. T3</u> COOLING WATER FOR COMP. CYLINDERS: TYPE WATER <u>CLOSE CIRCUIT SYSTEM BY VENDOR</u> PRESS., PSIG _____ SUPPLY _____ RETURN MIN. _____ TEMP., °F _____ SUPPLY _____ RETURN MAX. _____ COOLING WATER FOR IOIL COOLER/INTERCOOLERS/ROD PKG: TYPE WATER <u>CLOSE CIRCUIT SYSTEM BY VENDOR</u> PRESS., PSIG _____ SUPPLY _____ RETURN MIN. _____ TEMP., °F _____ SUPPLY _____ RETURN MAX. _____ ELECTRIC POWER FOR HEATERS: VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ _____ STEAM FOR HEATERS: NORMAL: _____ PSIG _____ °FTT MAX.: _____ PSIG _____ °FTT INSTRUMENT AIR SUPPLY: PRESS., <del>PSIG</del> <u>9.8</u> MAX. <u>8.0</u> NORMAL <u>6.0</u> MIN. _____ KG/CM <sup>2</sup>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ELECTRIC</th> <th colspan="2">LOCKED</th> <th colspan="2">FULL LOA</th> </tr> <tr> <th>H.P.</th> <th>ROTOR AMPS</th> <th>AMPS</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MAIN DRIVER</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MAIN LUBE OIL PUMP</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AUX. LUBE OIL PUMP</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PKG. COOLANT OIL PUMP</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MECH. LUBRICATOR</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>FRAME OIL HEATER</td><td>_____ WATTS</td><td>_____ VOLTS</td><td>_____ HZ</td><td></td></tr> <tr><td>LUBRICATOR HEATER</td><td>_____ WATTS</td><td>_____ VOLTS</td><td>_____ HZ</td><td></td></tr> <tr><td>SPACE HEATER</td><td>_____ WATTS</td><td>_____ VOLTS</td><td>_____ HZ</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>_____ WATTS</td><td>_____ VOLTS</td><td>_____ HZ</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">STEAM</th> <th rowspan="2">#/HR.</th> <th rowspan="2">PSIG</th> <th colspan="2">°FTT TO</th> </tr> <tr> <th>PSIG</th> <th>PSIG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MAIN DRIVER</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>LUBR. HEATER</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>FRAME HEATER</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">COOLING WATER</th> <th rowspan="2">COMP.</th> <th rowspan="2">CYL.</th> <th rowspan="2">ROD</th> <th rowspan="2">I.O.</th> <th rowspan="2">INTER</th> <th rowspan="2">OTHER</th> </tr> <tr> <th>JKTS.</th> <th>PKG.</th> <th>COOLER</th> <th>COOLERS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>QUANTITY, GPM</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>INLET TEMP., °F</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>OUTLET TEMP., °F</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>INLET PRESS., PSIG</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>OUTLET PRESS., PSIG</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MAX. PRESS., PSIG</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL C.W., GPM</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	ELECTRIC	LOCKED		FULL LOA		H.P.	ROTOR AMPS	AMPS		MAIN DRIVER					MAIN LUBE OIL PUMP					AUX. LUBE OIL PUMP					PKG. COOLANT OIL PUMP					MECH. LUBRICATOR					FRAME OIL HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ		LUBRICATOR HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ		SPACE HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ			_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ		STEAM	#/HR.	PSIG	°FTT TO		PSIG	PSIG	MAIN DRIVER					LUBR. HEATER					FRAME HEATER										COOLING WATER	COMP.	CYL.	ROD	I.O.	INTER	OTHER	JKTS.	PKG.	COOLER	COOLERS	QUANTITY, GPM							INLET TEMP., °F							OUTLET TEMP., °F							INLET PRESS., PSIG							OUTLET PRESS., PSIG							MAX. PRESS., PSIG							TOTAL C.W., GPM						
ELECTRIC	LOCKED		FULL LOA																																																																																																																																											
	H.P.	ROTOR AMPS	AMPS																																																																																																																																											
MAIN DRIVER																																																																																																																																														
MAIN LUBE OIL PUMP																																																																																																																																														
AUX. LUBE OIL PUMP																																																																																																																																														
PKG. COOLANT OIL PUMP																																																																																																																																														
MECH. LUBRICATOR																																																																																																																																														
FRAME OIL HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ																																																																																																																																											
LUBRICATOR HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ																																																																																																																																											
SPACE HEATER	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ																																																																																																																																											
	_____ WATTS	_____ VOLTS	_____ HZ																																																																																																																																											
STEAM	#/HR.	PSIG	°FTT TO																																																																																																																																											
			PSIG	PSIG																																																																																																																																										
MAIN DRIVER																																																																																																																																														
LUBR. HEATER																																																																																																																																														
FRAME HEATER																																																																																																																																														
COOLING WATER	COMP.	CYL.	ROD	I.O.	INTER	OTHER																																																																																																																																								
							JKTS.	PKG.	COOLER	COOLERS																																																																																																																																				
QUANTITY, GPM																																																																																																																																														
INLET TEMP., °F																																																																																																																																														
OUTLET TEMP., °F																																																																																																																																														
INLET PRESS., PSIG																																																																																																																																														
OUTLET PRESS., PSIG																																																																																																																																														
MAX. PRESS., PSIG																																																																																																																																														
TOTAL C.W., GPM																																																																																																																																														
INSPECTION AND SHOP TESTS	ALARMS AND SHUTDOWNS																																																																																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align:center;">REQUIRED</th> <th style="text-align:center;">WITNESSED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SHOP INSPECTION</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>MFR. STANDARD SHOP TESTS</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>VALVE LEAK TEST</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>CYL. HYDRO. TEST</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>HYDRO. CYL. WATER JKTS. _____ PSIG</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>CYL. HELIUM LEAK TEST MWP</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>AUX. EQUIP. OPER. TEST</td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>		REQUIRED	WITNESSED	SHOP INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MFR. STANDARD SHOP TESTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVE LEAK TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CYL. HYDRO. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	HYDRO. CYL. WATER JKTS. _____ PSIG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CYL. HELIUM LEAK TEST MWP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AUX. EQUIP. OPER. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">COMP. MFR. SHALL FURNISH ELEC. SEPARATE CONTRACTS FOR:</th> </tr> <tr> <th>PRE-ALARM</th> <th>SHUTDOWN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>LOW LUBE OIL PRESSURE</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>HIGH COMP. J.W. TEMP. _____</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>HIGH GAS DISCH. TEMP. _____</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>LOW GAS SUCT. PRESS. _____</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>HIGH VIBRATION</td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP. <u>SEE DS-5-K-20</u></td><td style="text-align:center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>REMOTE SHUTDOWN: <input type="checkbox"/> ELEC. <input type="checkbox"/> PNEUMATIC <input type="checkbox"/> HYDR.</td><td></td></tr> <tr><td>PRE-ALARM CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLS. TO SOUND ALARM</td><td></td></tr> <tr><td>SHUTDOWN CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSE TO SHUTDOWN</td><td></td></tr> <tr><td>CONTROL CURRENT: _____ VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ</td><td></td></tr> <tr><td>SWITCH ENCLOSURE: <input type="checkbox"/> EXP. PROOF <input type="checkbox"/> WEATHERPROOF</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> NEMA TYPE</td><td></td></tr> </tbody> </table>	COMP. MFR. SHALL FURNISH ELEC. SEPARATE CONTRACTS FOR:		PRE-ALARM	SHUTDOWN	LOW LUBE OIL PRESSURE	<input type="checkbox"/>	LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL	<input type="checkbox"/>	HIGH COMP. J.W. TEMP. _____	<input type="checkbox"/>	HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.	<input type="checkbox"/>	HIGH GAS DISCH. TEMP. _____	<input type="checkbox"/>	LOW GAS SUCT. PRESS. _____	<input type="checkbox"/>	HIGH VIBRATION	<input type="checkbox"/>	COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP. <u>SEE DS-5-K-20</u>	<input type="checkbox"/>	REMOTE SHUTDOWN: <input type="checkbox"/> ELEC. <input type="checkbox"/> PNEUMATIC <input type="checkbox"/> HYDR.		PRE-ALARM CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLS. TO SOUND ALARM		SHUTDOWN CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSE TO SHUTDOWN		CONTROL CURRENT: _____ VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ		SWITCH ENCLOSURE: <input type="checkbox"/> EXP. PROOF <input type="checkbox"/> WEATHERPROOF		<input type="checkbox"/> NEMA TYPE																																																																										
	REQUIRED	WITNESSED																																																																																																																																												
SHOP INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																												
MFR. STANDARD SHOP TESTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
VALVE LEAK TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																												
CYL. HYDRO. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
HYDRO. CYL. WATER JKTS. _____ PSIG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
CYL. HELIUM LEAK TEST MWP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																												
AUX. EQUIP. OPER. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																												
DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																												
COMP. MFR. SHALL FURNISH ELEC. SEPARATE CONTRACTS FOR:																																																																																																																																														
PRE-ALARM	SHUTDOWN																																																																																																																																													
LOW LUBE OIL PRESSURE	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
HIGH COMP. J.W. TEMP. _____	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
HIGH GAS DISCH. TEMP. _____	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
LOW GAS SUCT. PRESS. _____	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
HIGH VIBRATION	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP. <u>SEE DS-5-K-20</u>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
REMOTE SHUTDOWN: <input type="checkbox"/> ELEC. <input type="checkbox"/> PNEUMATIC <input type="checkbox"/> HYDR.																																																																																																																																														
PRE-ALARM CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLS. TO SOUND ALARM																																																																																																																																														
SHUTDOWN CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSE TO SHUTDOWN																																																																																																																																														
CONTROL CURRENT: _____ VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ																																																																																																																																														
SWITCH ENCLOSURE: <input type="checkbox"/> EXP. PROOF <input type="checkbox"/> WEATHERPROOF																																																																																																																																														
<input type="checkbox"/> NEMA TYPE																																																																																																																																														
PAINTING																																																																																																																																														
<input type="checkbox"/> MANUFACTURER'S STANDARD <input checked="" type="checkbox"/> OTHER <u>X-1</u>																																																																																																																																														
SHIPMENT																																																																																																																																														
<input type="checkbox"/> DOMESTIC <input checked="" type="checkbox"/> EXPORT <input checked="" type="checkbox"/> EXPORT BOXING REQD. <input type="checkbox"/> OUTDOOR STORAGE OVER 6 MONTHS																																																																																																																																														
REMARKS: <u>FOR UTILITY SUPPLIES SEE SPEC A-5</u> <u>(2) VENDOR TO SUPPLY ONE COMMON CLOSED CIRCUIT CW PACKAGE (WITH PLATE TYPE SEAWATER EXCHANGER) TO COOL CYLINDERS AND OIL COOLER &amp; PACKING.</u> <u>(3) JACKET CW INLET TEMP TO BE APPROX 5°C ABOVE GAS INLET TEMP.</u>																																																																																																																																														

P & CE K 268 Sheet 2 of 4 MAY 1978

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
1	22-1-81	FOR PURCHASE	14177	DS-5-K-6	1
0	17 NOV 80	FOR ENQUIRY			

SHEET 2 OF 5

MR No 14177-005-K-10  
 ITEM NO. K-5-02 A/B/C  
 PLANT No \_\_\_\_\_

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

GAS ANALYSIS		RATED OPERATING CONDITIONS		REMARKS
MOL %	M.W.	1ST ST	2ND ST	
AIR	28.966			TRACES OF HCL IN BOTH STAGES. NORMAL LEVELS OF TRACE COMPONENTS: H <sub>2</sub> O 15.2 PPM HCL 2-4 PPM H <sub>2</sub> S .5 PPM FOLLOWING START UP TRACE COMPONENTS MAY BRIEFLY BE: H <sub>2</sub> O 1000 PPM HCL 50 PPM
OXYGEN	32.000			
NITROGEN	28.016			
WATER VAPOR	18.016	TRACE	TRACE	
CARBON MONOXIDE	28.010			
CARBON DIOXIDE	44.010			
HYDROGEN SULFIDE	34.076	TRACE	TRACE	
HYDROGEN	2.016	89.74	90.37	
METHANE	16.042	3.34	3.31	
ETHYLENE	28.052			
ETHANE	30.068	2.16	2.07	
PROPYLENE	42.078			
PROPANE	44.094	1.62	1.48	
i-BUTANE	58.120	0.22	0.39	
n-BUTANE	58.120	0.53	0.47	
i-PENTANE	72.146	0.27	0.24	
n-PENTANE	72.146	0.15	0.13	
HEXANE PLUS		1.77	1.54	
TOTAL		100	100	
AVG. MOL. WT.		6.1	5.7	

REMARKS: Z & Cp/Cv VALUES BY VENDOR

EXPECTED NOISE SPECTRUM OF COMPRESSOR

OCTAVE BAND CENTRE FREQUENCY	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
SOUND PRESS. LEVEL								
dB REF 2 x 10 <sup>-5</sup> N/m <sup>2</sup>	80	84	85	82	81	78	76	69

AT ONE METRE FROM MAJOR BOUNDING SURFACES OF COMPRESSOR INCLUDING PULSATION DAMPENERS

SKETCH:

P. & L. E. K-208 Sheet 3 of 4 MAY 1978

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
1	22-1-81	FOR PURCHASE	14177	DS-5-K-6	1
0	17 NOV 80	FOR ENQUIRY			

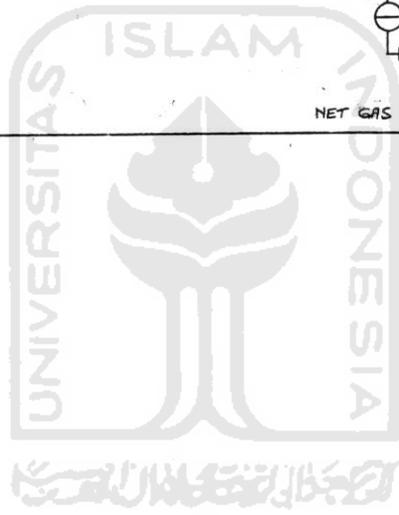
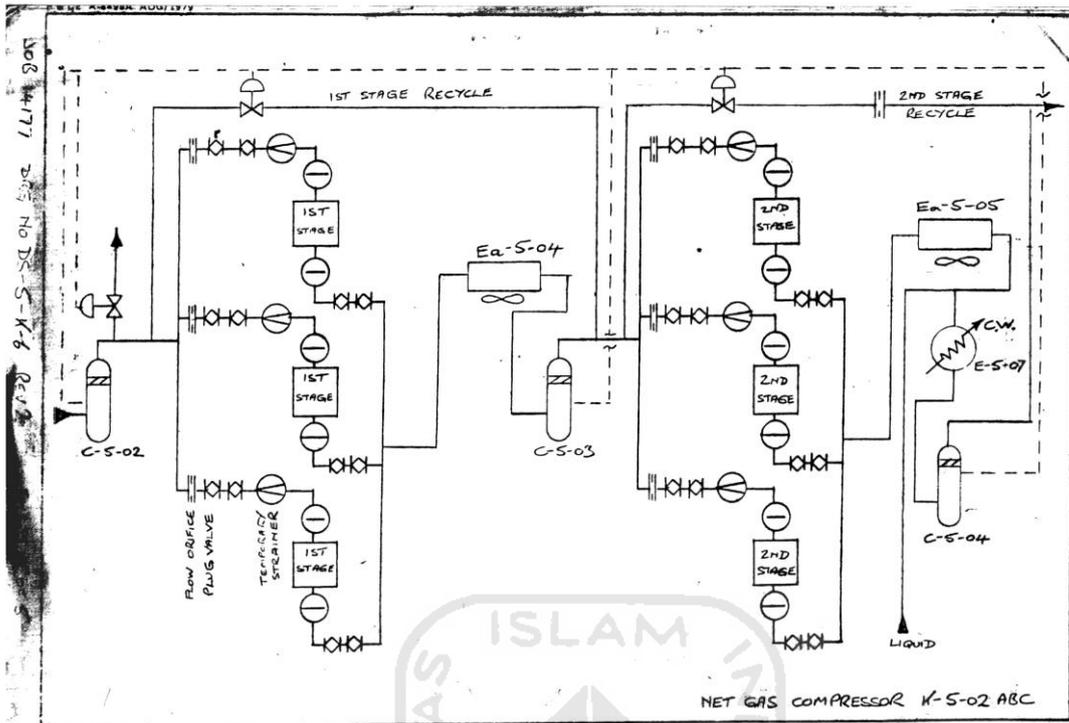
SHEET 3 OF 5

MR No 14177-005-K10  
 ITEM NO. W-5-02 A/B/C  
 PLANT No

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

CYLINDER DATA			COMPRESSOR PACKING	
ITEM NO./SERVICE	1	2	<input checked="" type="checkbox"/> FULL FLOATING VENTED PACKING <input type="checkbox"/> W/STAINLESS STEEL SPRINGS <input type="checkbox"/> FORCED FEED LUBRICATED <input checked="" type="checkbox"/> NON-LUBRICATED <input type="checkbox"/> TEFLON <input type="checkbox"/> CARBON <input checked="" type="checkbox"/> WATER COOLED <input type="checkbox"/> PROVISIONS FOR FUTURE (WATER) (OIL) COOLING _____ <input checked="" type="checkbox"/> VENTED TO <u>FLARE - DESIGN FOR CIL. PRESS.</u>	
STAGE	1	1	DISTANCE PIECE <input type="checkbox"/> STANDARD <input type="checkbox"/> EXTRA LONG SINGLE COMPARTMENT <input checked="" type="checkbox"/> TWO COMPARTMENT <input checked="" type="checkbox"/> SOLID COVER <u>VENTILATION COVERS ON I.C.</u> <input checked="" type="checkbox"/> VENTED TO <u>ATMOS</u> <input type="checkbox"/> DESIGN PRESS., PSIG	
NO. OF CYL. PER STAGE	1	1	LUBRICATION	
TYPE CYL. COOLING REQD.	WC	WC	FRAME <input type="checkbox"/> SPLASH SYSTEM <input checked="" type="checkbox"/> PRESSURE SYSTEM (INCLUDE THE FOLLOWING) <input checked="" type="checkbox"/> MAIN OIL PUMP DRIVEN BY <input type="checkbox"/> COMP. SHAFT <input checked="" type="checkbox"/> AUX. OIL PUMP DRIVEN BY ELECTRIC MOTOR <input type="checkbox"/> HAND OPERATED PUMP FOR STARTING <input type="checkbox"/> SYSTEM OIL CAPACITY _____ GALS. <input type="checkbox"/> TYPE OIL _____ GRADE <input type="checkbox"/> ELEC. HTR. W/THERMOSTAT <input type="checkbox"/> STEAM COIL TYPE BEARINGS <input checked="" type="checkbox"/> SLEEVE <input type="checkbox"/> BALL <input type="checkbox"/> BRG. MATL. <input type="checkbox"/> ALUM. <input checked="" type="checkbox"/> BABBIT <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> OUTBOARD BEARING INCLUDED <input checked="" type="checkbox"/> TYPE <u>SLEEVE BABBIT</u>	
TYPE CYL. (STEP/TANDEM)			CYLINDERS	
SINGLE/DOUBLE ACTING	DA	DA	LUBRICATOR TO BE DRIVEN BY: <u>NON LUBE</u> <input type="checkbox"/> COMPRESSOR SHAFT <input type="checkbox"/> ELECTRIC MOTOR <input type="checkbox"/> BOT LUBRICATOR CAPACITY <input type="checkbox"/> 24 HR. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TYPE OIL _____ GRADE <input type="checkbox"/> LUBRICATOR MAKE _____ MODEL _____ <input type="checkbox"/> STEAM COIL <input type="checkbox"/> NO. OF COMP. _____ <input type="checkbox"/> ELECTRIC HEATER W/THERMOSTAT BARRING DEVICE <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL <input type="checkbox"/> PNEU. <input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - LOW SPEED MFR. <u>HOLSETT</u> MODEL <u>DOBBS885</u> TYPE <u>ALL METAL NON LUBE</u> <u>FLEX RUBBER</u> <input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - HIGH SPEED MFR. <u>TURBOFLEX</u> MODEL <u>HP6.1300</u> TYPE <u>ALL METAL NON LUBE</u> <u>2 LAA</u> <input type="checkbox"/> COUPLING - (MAIN/INLET) OIL PUMP MFR. <u>GEARED</u> MODEL _____ TYPE <u>DIRECTLY BUILD ON COMP. FRAME</u> TYPE GUARDS <input type="checkbox"/> CODE <input type="checkbox"/> STANDARD <input checked="" type="checkbox"/> NON-SPARI <input type="checkbox"/> STATIC COND. V-BELTS <input type="checkbox"/> TOT. ENCL. V-BELT GR AIR INTAKE FILTER BY: <input type="checkbox"/> COMP. MFR. <input type="checkbox"/> PURCH. <input type="checkbox"/> MFR. _____ MODEL _____ <input type="checkbox"/> TYPE _____ <input type="checkbox"/> FLANGED OUTLET CONNECTION	
CYLINDER LINER YES/NO	YES	YES		
CYLINDER LINER WET/DRY	DRY	DRY		
OUTSIDE DIAM. LINER, INCHES				
BORE, INCHES MM	555	370		
STROKE, INCHES MM	300	300		
PISTON DISPLACEMENT, $dm^3/s$	849.9	371.5		
CLEARANCE, %	21.13	14.01		
VOLUMETRIC EFFICIENCY, %	72.6	83.5		
API VALVE GAS VELOCITY, $ft/min$	38.4	43.5		
NO. INLET/DISCH. VALVES/CYL.	2/2	1/1		
TYPE OF VALVES	254H2	325H2		
INLET/DISCH. VALVE LIFT, INCHES	2.0	2.8		
MAX. ALLOW PISTON SPEED, $m/s$	3.56	3.56		
NORMAL PISTON SPEED, $m/s$	3.56	3.56		
ROD DIAMETER, INCHES MM	90	90		
MAX. ALLOW. ROD LOADING T kN	350	350		
MAX. ALLOW. ROD LOADING CKN	350	350		
ACTUAL ROD LOAD, T (GAS LOAD)	244	232		
ACTUAL ROD LOAD, C (GAS LOAD)	258.8	269		
ACTUAL ROD LOAD, T GAS & INERTIAL	234.3	224	RT RV SETTINGS 322 342	
ACTUAL ROD LOAD, C GAS & INERTIAL	256	269		
DEGREES ROD REVERSAL	180	180		
MAX. ALLOW. CYL. WKG. PRESS., $bars$	21.1	49.2		
MAX. ALLOW. CYL. TEMP., $^{\circ}C$	150	150		
RECOM. RELIEF VALVE, $bars$	21.1	49.2		
HYDROSTATIC TEST, $bars$	31.6	73.9		
SUCTION SIZE/RATING	12/300	8/300		
FACING	FF 125 AARH			
DISCH. SIZE/RATING	12/300	8/300		
FACING	FF 125 AARH			
POSITION FROM DRIVER END*	LEFT	RIGHT		
COMPRESSOR MATERIALS				
CYLINDERS	C1	C1 (MODULAR)		
CYLINDER LINERS	C1	C1 (PERLITE)		
PISTONS	STEEL	C1		
PISTON RINGS	PTFE			
RIDER RINGS	PTFE			
PISTON RODS	SS X20CR13V SURFACE HARDENED			
PISTON ROD HARD, (ROCKWELL "C")	RC 45 & RC 47			
VALVE SEATS	STEEL			
VALVE STOPS	STEEL			
VALVE PLATES	SS	SS		
VALVE SPRINGS	INCONEL			
ROD PACKING	PTFE			
REMARKS: (1) COMP. JACKET C.W. HEADER PIPING TO HAVE ONE INLET & DISCH. CON. ONLY (2) MAX COMPRESSOR SPEED 400 RPM (3) COMPRESSOR TO HAVE FLEX RUBBER PACKED SHAFT END (4) RV SETTING ON 1ST STAGE INLET PIPING IS 14.1 KG/CM <sup>2</sup> G (5) COMP TO BE WIRED TO SINGLE TERMINAL BOX (DISMANTLED FOR SHIPMENT)				
* OR FLYWHEEL R = RIGHT HAND L = LEFT HAND O = OUTBOARD I = INBOARD				
3/19/81 COMPLETED				
NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.
1	22-1-81	FOR PURCHASE	14177	DS-5-K-6
0	17 NOV 80	FOR ENQUIRY		
SHEET 4 OF 5				

PAGE K-268 SHOWS 4 OF 4 MAY 1978



Lampiran 6 Datasheet K-1-01

**K-1-01 A/B/C**

**RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET**

1. WORK NOT PROCESSED  
 2. REVIEW AND REQUIST. WORK MAY BE PROCESSED SUBJECT TO INCORPORATION OF CHANGES INDICATED  
 3. REVIEW AND REQUIST. WORK MAY NOT PROCESSED  
 4. REVIEW NOT REQUIRED. WORK MAY BE PROCESSED.

BECHTEL GREAT PLAINS LIMITED DATE 11/26/81

SUPPLIER DOCUMENT REVIEW  
 Preparation to proceed does not constitute acceptance or approval of design details, calculations, analysis, test methods or materials development or selected by engineer and does not relieve supplier from full compliance with contractual obligations.

Equipment No. 001-K-01  
 Job No. 001-K-01  
 MR No. 001-K-01  
 48/0  
 01-01A/B/C

RECEIVED  
 22 AUG 1981

APPLICABLE TO:  PROPOSALS  PURCHASE  AS BUILT  
 FOR PERTAMINA UNIT CRUDE  
 SITE BALIKPAPAN  
 SERVICE CRUDE RECEIVER GAS  
 NOTE:  INDICATES INFORMATION TO BE COMPLETED BY PURCHASER  BY MANUFACTURER  GENERAL

MANUFACTURER INGERSOLL RAND SERIAL NO. \_\_\_\_\_  
 TYPE 20 1/2 - 13 x 9 HSE-2 RPM: MAX. 514 RATED 270  
 COMPRESSOR THROWS: NO. FURNISHED 2 MAX. NO. POSSIBLE 2 MAX. FRAME HP: 298 # MAX. RPM: 270 # RATED RPM  
 DRIVER TYPE ELECTRIC MOTOR DRIVER RATED BY 225 RPM 190 DRIVER FURN. BY  COMP. MFR.

RATED OPERATING CONDITIONS (EACH MACHINE)		APPLICABLE SPECIFICATIONS	
SERVICE/ITEM NO.			
STAGE	<u>ONE</u>	<u>TWO</u>	
GAS COMPRESSED	<u>HC</u>	<u>HC</u>	
CORROSIVE DUE TO	<u>H<sub>2</sub>S &amp; HCL</u>		
RELATIVE HUMIDITY	<u>SEE GAS ANALYSIS PG.3</u>		
MOL. WGT., AT INTAKE	<u>50.4</u>	<u>50.4</u>	
C <sub>v</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT SUCTION	<u>1.099</u>	<u>1.099</u>	
C <sub>v</sub> /C <sub>v</sub> VALUE AT DISCHARGE			
INLET TEMP., °F./°C	<u>130/51.6</u>	<u>164/73.3</u>	
INLET PRESSURE, PSIA/KG/CM <sup>2</sup> A	<u>22.7/1.6</u>	<u>50.4/3.54</u>	
MIN. ΔP BETWEEN STGS. PSI			
ADJ. DISCH. TEMP., °F./°C	<u>164/73.3</u>	<u>200/93.3</u>	
DISCHARGE PRESS. PSIA/KG/CM <sup>2</sup> A	<u>51.4/3.61</u>	<u>94.7/6.66</u>	
Z @ SUCTION	<u>.972</u>	<u>.952</u>	
Z @ DISCHARGE	<u>.952</u>	<u>.937</u>	
EXPECTED (CAPACITY TOLERANCE ±3%; SHP TOLERANCE ±3%)			
LBS/HR. WET			
INLET CFM (14.7 @ 60°) / M <sup>3</sup> /HR	<u>1207/2050.8</u>	<u>574/975.3</u>	
INLET CFM (14.7 @ 60°) / M <sup>3</sup> /HR	<u>1568/2645</u>	<u>1568/2645</u>	
BRAKE HORSEPOWER/STAGE / KW	<u>134.2/100.2</u>	<u>110/82.2</u>	
TOTAL BHP / KW	<u>244.2/183</u>		
**RATED PER API (CAPACITY TOLERANCE -0%; SHP TOLERANCE +0%)			
LBS/HR. WET			
INLET CFM (14.7 @ 60°) / M <sup>3</sup> /HR	<u>1172/1991</u>	<u>557/947</u>	
INLET CFM (14.7 @ 60°) / M <sup>3</sup> /HR	<u>1522/2587</u>	<u>1522/2587</u>	
BRAKE HORSEPOWER/STAGE / KW	<u>134.2/100.2</u>	<u>110/82.2</u>	
TOTAL BHP / KW	<u>244.2/183</u>		
TOTAL HP REQUIRED BY DRIVER (W/GEAR LOSS INCLUDED) ±3% TOLERANCE			
TO PERMIT OPERATION <u>75%</u>			
AT AN INLET CFM OF M <sup>3</sup> /HR	<u>903/1538</u>	<u>430.5/78.4</u>	
POCKETS/VALVES OPEN*	<u>ONE</u>	<u>ONE</u>	
INLET PRESSURE PSIA/KG CM <sup>2</sup> A	<u>22.7/1.6</u>	<u>50.4/3.54</u>	
DISCHARGE PRESS. PSIA/KG CM <sup>2</sup> A	<u>51.4/3.61</u>	<u>94.7/6.66</u>	
ACTUAL DISCH. TEMP., °F	<u>164/73.3</u>	<u>200/93.3</u>	
BRAKE HORSEPOWER/STAGE	<u>100.7/75.2</u>	<u>82.5/62.1</u>	
TOTAL BRAKE HORSEPOWER	<u>183.2/137.3</u>		
TO PERMIT OPERATION <u>50%</u>			
AT AN INLET CFM OF M <sup>3</sup> /HR	<u>603/1025</u>	<u>287/477</u>	
POCKETS/VALVES OPEN*	<u>ONE END</u>	<u>ONE END</u>	
INLET PRESSURE PSIA/KG CM <sup>2</sup> A	<u>22.7/1.6</u>	<u>50.4/3.54</u>	
DISCHARGE PRESS. PSIA/KG CM <sup>2</sup> A	<u>51.4/3.61</u>	<u>94.7/6.66</u>	
ACTUAL DISCH. TEMP., °F/°C	<u>164/73.3</u>	<u>200/93.3</u>	
BRAKE HORSEPOWER/STAGE / KW	<u>67.1/50.1</u>	<u>55/41.4</u>	
TOTAL BRAKE HORSEPOWER / KW	<u>123.1/91.5</u>		

APPLICABLE SPECIFICATIONS  
 API RECIP. COMPR. SPEC. 618 2nd ed. with  
 MR-001-K-01  
 PULSATION (DAMPERS) UNDESIRABLE  
 (DAMPERS) FOR SUCT & DISCH  
 INTERSTAGE PIPING & \_\_\_\_\_  
 INTER COOLERS  
 SEPARATORS  
 MOISTURE SEPARATORS (FIRST STG. SUCT.)  
 AFTER COOLERS  
 COOLING WATER PIPING, SINGLE  
 INLET-OUTLET MANIFOLD  W/VALVES  
 INSTRUMENT PANEL  
 VENDOR ANALOG STUDY REQUIRED  
 STRAINER FOR COOLING WATER  
 INLET  
 TEMPORARY 1ST STG SUCT SCREEN  
 WEIGHTS AND DIMENSIONS

MAX. ERECTION WEIGHT, LBS. 14900  
 MAX. MAINTENANCE WEIGHT, LBS. 1350  
 TOTAL WT., LESS DRIVER & GEAR, LBS. 20400  
 APPROX. FLOOR SPACE FT  
 L 225 W 185 H 16  
 ROD REMOVAL DISTANCE 46"

CAPACITY CONTROL SHALL BE BY:  
 VARIABLE SPEED TO \_\_\_\_\_ % RATED  
 PURCHASERS BY-PASS  
 MFR. STANDARD AUTOMATIC CONTROL  
 START/STOP  (4) STEP  
 PILOTTED BY REC. PRESS.  
 PILOTTED BY PURCH. INSTR.  
 W/ \_\_\_\_\_ PSIG AIR SIGNAL

CLEARANCE POCKETS, \_\_\_\_\_ CYL.  
 FIXED  VARIABLE  
 MANUAL  MANUAL PNEU.  AUTO.  
 SUCT. VALVE UNLOADERS, \_\_\_\_\_ CYL.  
 TYPE:  PLUG  FINGER   
 MANUAL  MANUAL PNEU.  AUTO.  
 ON AIR/POWER FAILURE COMPRESSOR  
 SHALL  UNLOAD  LOAD

\*S = SUCTION VALVE UNLOADERS H = HORIZONTAL C = CRANK END F = FIXED POCKET OPEN V = VARIABLE POCKET OPEN  
 # SEL. BY PAR. 38 (NO NEGATIVE TOLERANCE, ETC.)

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
			14177	DS-1-K-1	

SHEET 1 OF 4

ADD DATA SHEET REFS FROM ORDER  
 SUBMIT PERFORMANCE UNDER RELIEVING CONDITIONS  
 001-K-01 LAC: 48/0



ITEM NO. 001-K-01  
 K-1-01A/B/C  
 QUANT NO. 1

RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

SITE DATA	UTILITY CONSUMPTION																																																																																																																												
ALTITUDE <u>1 M</u> BAROMETER <u>1.034/147</u> <small>PSIA / IN. HG</small> DESIGN TEMP. °F <u>104/40</u> SUMMER <u>73.5/23</u> WINTER MIN. DESIGN WET BULB TEMP. °F <u>83%</u> AVE RELATIVE HUMIDITY <input type="checkbox"/> WINTERIZATION RECD. <input checked="" type="checkbox"/> TROPICALIZATION RECD. UNUSUAL CONDITIONS: <input type="checkbox"/> DUST <input type="checkbox"/> FUMES <input checked="" type="checkbox"/> OTHER <u>SALT LADEN, HUMID ATMOSPHERE</u> EQUIPMENT SHALL BE SUITABLE FOR: <input type="checkbox"/> INDOORS <input type="checkbox"/> HEATED <input checked="" type="checkbox"/> UNHEATED <input checked="" type="checkbox"/> OUTDOORS <input checked="" type="checkbox"/> UNDER ROOF <input type="checkbox"/> WITHOUT ROOF ELECTRICAL EQUIPMENT HAZARD CLASS <u>3</u> <small>GR II G</small> <u>ZONE 2</u> COOLING WATER FOR COMP. CYLINDERS: TYPE WATER <u>TEMPERED</u> PRESS., PSIG <u>160</u> SUPPLY <u>71/5</u> RETURN MIN. TEMP., °F <u>151/66</u> SUPPLY <u>        </u> RETURN MAX. COOLING WATER FOR OIL COOLER: TYPE WATER <u>SEA WATER</u> <input type="checkbox"/> PRESS., PSIG <u>        </u> SUPPLY <u>        </u> RETURN MIN. TEMP., °F <u>86/30</u> SUPPLY <u>        </u> RETURN MAX. ELECTRIC POWER FOR HEATERS: _____ VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ STEAM FOR HEATERS: NORMAL: _____ PSIG _____ °FTT MAX.: _____ PSIG _____ °FTT INSTRUMENT AIR SUPPLY: PRESS., PSIG <u>130/9.8</u> MAX. <u>114/8</u> NORMAL <u>100/7</u> MIN. <u>        </u>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ELECTRIC</th> <th rowspan="2">KW</th> <th rowspan="2">LOCKED ROTOR AMPS</th> <th rowspan="2">FULL LOAD AMPS</th> </tr> <tr> <th>HP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MAIN DRIVER</td> <td><u>225</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAIN LUBE OIL PUMP</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AUX. LUBE OIL PUMP</td> <td><u>1.1</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PKG. COOLANT OIL PUMP</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MECH. LUBRICATOR</td> <td><u>.19</u></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">FRAME OIL HEATER</th> <th rowspan="2">WATTS</th> <th rowspan="2">VOLTS</th> <th rowspan="2">HZ</th> </tr> <tr> <th>        </th> <th>        </th> <th>        </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LUBRICATOR HEATER</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SPACE HEATER</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>        </td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">STEAM</th> <th rowspan="2">#/HR.</th> <th rowspan="2">PSIG</th> <th rowspan="2">°FTT TO</th> <th rowspan="2">PSIG</th> </tr> <tr> <th>        </th> <th>        </th> <th>        </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MAIN DRIVER</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LUBR. HEATER</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FRAME HEATER</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>        </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">COMP.</th> <th rowspan="2">CYL.</th> <th rowspan="2">ROD</th> <th rowspan="2">L.O.</th> <th rowspan="2">INTER</th> <th rowspan="2">OTHER</th> </tr> <tr> <th>        </th> <th>        </th> <th>        </th> <th>        </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>QUANTITY, GPM</td> <td><u>18</u></td> <td><u>15</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>INLET TEMP., °F</td> <td><u>151/66</u></td> <td><u>90/32</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OUTLET TEMP., °F</td> <td><u>166/74</u></td> <td><u>94/34</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>INLET PRESS., PSIG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OUTLET PRESS., PSIG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAX. PRESS., PSIG</td> <td><u>75</u></td> <td><u>185</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL C.W., GPM</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ELECTRIC	KW	LOCKED ROTOR AMPS	FULL LOAD AMPS	HP	MAIN DRIVER	<u>225</u>			MAIN LUBE OIL PUMP				AUX. LUBE OIL PUMP	<u>1.1</u>			PKG. COOLANT OIL PUMP				MECH. LUBRICATOR	<u>.19</u>			FRAME OIL HEATER	WATTS	VOLTS	HZ				LUBRICATOR HEATER				SPACE HEATER								STEAM	#/HR.	PSIG	°FTT TO	PSIG				MAIN DRIVER					LUBR. HEATER					FRAME HEATER										COMP.	CYL.	ROD	L.O.	INTER	OTHER					QUANTITY, GPM	<u>18</u>	<u>15</u>				INLET TEMP., °F	<u>151/66</u>	<u>90/32</u>				OUTLET TEMP., °F	<u>166/74</u>	<u>94/34</u>				INLET PRESS., PSIG						OUTLET PRESS., PSIG						MAX. PRESS., PSIG	<u>75</u>	<u>185</u>				TOTAL C.W., GPM					
ELECTRIC	KW					LOCKED ROTOR AMPS	FULL LOAD AMPS																																																																																																																						
		HP																																																																																																																											
MAIN DRIVER	<u>225</u>																																																																																																																												
MAIN LUBE OIL PUMP																																																																																																																													
AUX. LUBE OIL PUMP	<u>1.1</u>																																																																																																																												
PKG. COOLANT OIL PUMP																																																																																																																													
MECH. LUBRICATOR	<u>.19</u>																																																																																																																												
FRAME OIL HEATER	WATTS	VOLTS	HZ																																																																																																																										
LUBRICATOR HEATER																																																																																																																													
SPACE HEATER																																																																																																																													
STEAM	#/HR.	PSIG	°FTT TO	PSIG																																																																																																																									
MAIN DRIVER																																																																																																																													
LUBR. HEATER																																																																																																																													
FRAME HEATER																																																																																																																													
COMP.	CYL.	ROD	L.O.	INTER	OTHER																																																																																																																								
QUANTITY, GPM	<u>18</u>	<u>15</u>																																																																																																																											
INLET TEMP., °F	<u>151/66</u>	<u>90/32</u>																																																																																																																											
OUTLET TEMP., °F	<u>166/74</u>	<u>94/34</u>																																																																																																																											
INLET PRESS., PSIG																																																																																																																													
OUTLET PRESS., PSIG																																																																																																																													
MAX. PRESS., PSIG	<u>75</u>	<u>185</u>																																																																																																																											
TOTAL C.W., GPM																																																																																																																													
INSPECTION AND SHOP TESTS	ALARMS AND SHUTDOWNS																																																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>REQUIRED</th> <th>WITNESSED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SHOP INSPECTION</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MFR. STANDARD SHOP TESTS</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>VALVE LEAK TEST</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CYL. HYDRO. TEST</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HYDRO. CYL. WATER JKTS. <u>15/8</u> <small>PSIG/200</small></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CYL. HELIUM LEAK TEST <u>NWP</u></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AUX. EQUIP. OPER. TEST PANEL</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>        </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>        </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		REQUIRED	WITNESSED	SHOP INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MFR. STANDARD SHOP TESTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVE LEAK TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CYL. HYDRO. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	HYDRO. CYL. WATER JKTS. <u>15/8</u> <small>PSIG/200</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CYL. HELIUM LEAK TEST <u>NWP</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AUX. EQUIP. OPER. TEST PANEL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMP. MFR. SHALL FURNISH ELEC. SEPARATE CONTRACTS FOR: <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>PRE-ALARM</th> <th>SHUTDOWN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW LUBE OIL PRESSURE</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HIGH COMP. J.W. TEMP.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HIGH GAS DISCH. TEMP.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>LOW GAS SUCT. PRESS.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HIGH VIBRATION</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> REMOTE SHUTDOWN: <input type="checkbox"/> ELEC. <input type="checkbox"/> PNEUMATIC <input type="checkbox"/> HYDR. PRE-ALARM CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLS. TO SOUND ALARM SHUTDOWN CONTACTS SHALL: <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSE TO SHUTDOWN CONTROL CURRENT: _____ VOLTS _____ PHASE _____ HERTZ SWITCH ENCLOSURE: <input type="checkbox"/> EXP. PROOF <input type="checkbox"/> WEATHERPROOF <input type="checkbox"/> NEMA TYPE _____		PRE-ALARM	SHUTDOWN	LOW LUBE OIL PRESSURE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HIGH COMP. J.W. TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HIGH GAS DISCH. TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LOW GAS SUCT. PRESS.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HIGH VIBRATION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
	REQUIRED	WITNESSED																																																																																																																											
SHOP INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
MFR. STANDARD SHOP TESTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
VALVE LEAK TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
CYL. HYDRO. TEST	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
HYDRO. CYL. WATER JKTS. <u>15/8</u> <small>PSIG/200</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
CYL. HELIUM LEAK TEST <u>NWP</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
BAR OVER TO CHECK RUNOUT, ETC.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
MECH. RUN TEST W/SHOP DRIVER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
MECH. RUN TEST W/JOB DRIVER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
AUX. EQUIP. OPER. TEST PANEL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
DISMANTLE-REASSEMBLE INSPECTION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																											
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
	PRE-ALARM	SHUTDOWN																																																																																																																											
LOW LUBE OIL PRESSURE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
LOW MECH. LUBR. OIL LEVEL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
HIGH COMP. J.W. TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
HIGH LEVEL IN EACH MOIST. SEP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
HIGH GAS DISCH. TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
LOW GAS SUCT. PRESS.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
HIGH VIBRATION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
COMP. MAIN BEARINGS HIGH TEMP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																											
PAINTING	FOR SCOPE OF INSTRUMENTS SEE																																																																																																																												
<input checked="" type="checkbox"/> MANUFACTURER'S STANDARD <input type="checkbox"/> OTHER <u>1477-X-1</u>	<u>DS-1-K-3</u>																																																																																																																												
SHIPMENT																																																																																																																													
<input type="checkbox"/> DOMESTIC <input checked="" type="checkbox"/> EXPORT <input checked="" type="checkbox"/> EXPORT BOXING RECD. <input type="checkbox"/> OUTDOOR STORAGE OVER 6 MONTHS																																																																																																																													
REMARKS: (1) COOLING WATER BY PURCHASE (2) COMPRESSOR SPEED NOT TO EXCEED 500RPM (3) VENT LINE TO PACKING SHALL BE RATED FOR CYLINDER DESIGN PRESSURE (4) PERFORMANCE AT RELIEF VALVE TO BE SPECIFIED																																																																																																																													

P & S K-268 Sheet 2 of 4 MAY 1979

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
			14177	DS-1-K-1	1
SHEET 2 OF 4					



RECIPROCATING COMPRESSOR DATA SHEET

MR No 001-K-01  
 ITEM NO. K-1-01A/B/C  
 PLANT No 1

CYLINDER DATA		COMPRESSOR PACKING	
ITEM NO./SERVICE		<input checked="" type="checkbox"/> FULL FLOATING VENTED PACKING	
STAGE	<u>ONE</u> <u>TWO</u>	<input type="checkbox"/> W/STAINLESS STEEL SPRINGS	
NO. OF CYL. PER STAGE	<u>1</u> <u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/> FORCED FEED LUBRICATION	
TYPE CYL. COOLING RECD.	<u>CIRCULATED</u>	<input type="checkbox"/> NON-LUBRICATED	<input type="checkbox"/> TEFLON
TYPE CYL. (STEP/TAND/EM)		<input type="checkbox"/> WATER COOLING	<input type="checkbox"/> CARBON
SINGLE/DOUBLE ACTING	<u>DOUBLE ACTING</u>	<input type="checkbox"/> PROVISION FOR FUTURE WATER (OIL COOLING)	
CYLINDER LINER YES/NO	<u>YES</u> <u>YES</u>	<input checked="" type="checkbox"/> VENTED TO ATM.	<input type="checkbox"/> DESIGN PRESS., PSIG
CYLINDER LINER WET/DRY	<u>DRY</u> <u>DRY</u>		
OUTSIDE DIAM. LINER, INCHES/MM	<u>21.5/546</u> <u>14/354</u>		
BORE, INCHES	<u>20.5/520.7</u> <u>19/330.2</u>		
STROKE, INCHES	<u>9/228.5</u> <u>9/228.5</u>		
PISTON DISPLACEMENT, CFM/M <sup>3</sup> /HR	<u>1676.7/2847</u> <u>669.5/1137</u>		
CLEARANCE, %	<u>21</u> <u>15.3</u>		
VOLUMETRIC EFFICIENCY, %	<u>72</u> <u>85</u>		
API VALVE GAS VELOCITY, FT/MIN.	<u>M/S</u> <u>2670/13.5</u> <u>2960/15</u>		
NO. INLET/DISCH. VALVES/CYL.	<u>4/4</u> <u>4/4</u>		
TYPE OF VALVES	<u>A 92</u> <u>A 60</u>		
INLET/DISCH. VALVE LIFT, MILS/MM	<u>183/4.63</u> <u>119/.119</u>		
MAX. ALLOW. PISTON SPEED, FPM/M/S	<u>900/4.57</u>		
NORMAL PISTON SPEED, FPM/M/S	<u>738/3.73</u>		
ROD DIAMETER, INCHES	<u>2/50.8</u>		
MAX. ALLOW. ROD LOADING T	<u>103/KG</u> <u>21.5/47.5</u> <u>9750/550/</u>		
MAX. ALLOW. ROD LOADING C	<u>103/KG</u> <u>21.5/47.5</u> <u>9750/550/</u>		
ACTUAL ROD LOAD, T (GAS LOAD)	<u>9360/4246</u> <u>5630/2550</u>		
ACTUAL ROD LOAD, C (GAS LOAD)	<u>9360/4246</u> <u>5630/2550</u>		
ACTUAL ROD LOAD, T (GAS & INERTIAL)	<u>7347/</u> <u>3237/</u>		
ACTUAL ROD LOAD, C (GAS & INERTIAL)	<u>8670/</u> <u>7967/</u>		
DEGREES ROD REVERSAL	<u>170</u> <u>170</u>		
MAX. ALLOW. CYL. WKG. PRESS., PSIG	<u>115/8.03</u> <u>300/21.1</u>		
MAX. ALLOW. CYL. TEMP., °F/°C	<u>350/177</u> <u>350/177</u>		
RECOM. RELIEF VALVE, PSIG	<u>71/5</u> <u>147/10.5</u>		
HYDROSTATIC TEST, PSIG	<u>230/16.4</u> <u>600/42.2</u>		
SUCTION SIZE/RATING	<u>12"/150"</u> <u>8"/300"</u>		
FACING	<u>FF 125A28H</u> <u>FF 125A28H</u>		
DISCH. SIZE/RATING	<u>12"/150"</u> <u>8"/300"</u>		
FACING	<u>FF 125A28H</u> <u>FF 125A28H</u>		
POSITION FROM DRIVER END*			
COMPRESSOR MATERIALS		LUBRICATION	
CYLINDERS	<u>CI</u> <u>CI</u>	<input type="checkbox"/> SPLASH SYSTEM	
CYLINDER LINERS	<u>CI</u> <u>CI</u>	<input checked="" type="checkbox"/> PRESSURE SYSTEM (INCLUDE THE FOLLOWING)	
PISTONS	<u>AL</u> <u>AL</u>	<input type="checkbox"/> MAIN OIL PUMP DRIVEN BY (ELEC. MOTOR)	
PISTON RINGS	<u>Glass Filled TFE</u>	<input checked="" type="checkbox"/> AUX. OIL PUMP DRIVEN BY ELECTRIC MOTOR	
RIDER RINGS	<u>Glass Filled TFE</u>	<input type="checkbox"/> HAND OPERATED PUMP FOR STARTING	
PISTON RODS	<u>A 151</u> <u>4140</u>	<input checked="" type="checkbox"/> SYSTEM OIL CAPACITY <u>7</u> GALS.	
PISTON ROD HARD, (ROCKWELL "C")	<u>50</u> <u>50</u>	<input checked="" type="checkbox"/> TYPE OIL <u>MINERAL</u> GRADE <u>20-30</u>	
VALVE SEATS	<u>CI</u> <u>CI</u>	<input type="checkbox"/> ELEC. HTR. W/THERMOSTAT	<input type="checkbox"/> STEAM COIL
VALVE STOPS	<u>CI</u> <u>CI</u>	<input checked="" type="checkbox"/> TYPE BEARINGS <input checked="" type="checkbox"/> SLEEVE <input type="checkbox"/> BALL <input type="checkbox"/>	
VALVE PLATES	<u>SS</u> <u>SS</u>	<input type="checkbox"/> BRG. MATL. <input checked="" type="checkbox"/> ALUM. <input type="checkbox"/> BABBIT <input type="checkbox"/>	
VALVE SPRINGS	<u>SS</u> <u>SS</u>	<input type="checkbox"/> OUTBOARD BEARING INCLUDED <input type="checkbox"/> TYPE _____	
ROD PACKING	<u>Glass Filled TFE</u>	CYLINDERS	
REMARKS:		LUBRICATOR TO BE DRIVEN BY:	
		<input type="checkbox"/> COMPRESSOR SHAFT	<input checked="" type="checkbox"/> ELECTRIC MOTOR
		<input type="checkbox"/> BOTH	
		LUBRICATOR CAPACITY <input checked="" type="checkbox"/> 24 HR. <input type="checkbox"/>	
		<input checked="" type="checkbox"/> TYPE OIL <u>MINERAL</u> GRADE <u>30</u>	
		<input checked="" type="checkbox"/> LUBRICATOR MAKE <u>MADISON</u> MODEL <u>OSL</u>	
		<input type="checkbox"/> STEAM COIL	<input type="checkbox"/> NO. OF COMP. _____
		<input type="checkbox"/> ELECTRIC HEATER W/THERMOSTAT	
		BARRING DEVICE <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL <input type="checkbox"/> PNEU.	
		<input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - _____	
		MFR. <u>REYNOLD/THOMAS</u> MODEL <u>550</u>	
		TYPE <u>CMB</u>	
		<input type="checkbox"/> COUPLING - HIGH SPEED	
		MFR. _____ MODEL _____	
		TYPE _____	
		<input checked="" type="checkbox"/> COUPLING - (AUX) OIL PUMP	
		MFR. <u>LOVE TOY</u> MODEL <u>095</u>	
		TYPE <u>AL</u>	
		TYPE GUARDS <input type="checkbox"/> CODE <input type="checkbox"/> STANDARD <input checked="" type="checkbox"/> NON-SPARK	
		<input type="checkbox"/> STATIC COND. V-BELTS <input type="checkbox"/> TOT. ENCL. V-BELT GRD.	
		AIR INTAKE FILTER BY: <input type="checkbox"/> COMP. MFR. <input type="checkbox"/> PURCH.	
		<input type="checkbox"/> MFR. _____ MODEL _____	
		<input type="checkbox"/> TYPE _____ <input type="checkbox"/> FLANGED OUTLET CONNECTION	

P & CE K-288 REVISED 4 MAY 1978

\*OR FLYWHEEL RH = RIGHT HAND LH = LEFT HAND OS = OUTBOARD IS = INBOARD

NO.	DATE	REVISION	JOB NO.	DRAWING NO.	REV
			14177	DS-1-K-1	