

**OPTIMASI PREVENTIVE MAINTENANCE PADA  
SHIPPING PUMP DENGAN GENETIC ALGORITHM DI  
JOINT OPERATING BODY PERTAMINA-PETROCHINA  
EAST JAVA (JOB P-PEJ) SOKO – TUBAN**

**Nama : Ahmad Asrori**

**NRP : 2410100004**

**Jurusan : Teknik Fisika FTI – ITS**

**Pembimbing I : Dr. Bambang L. Widjiantoro, ST., MT.**

**Pembimbing II: Hendra Cordova, ST., MT.**

**Abstrak**

Proses pengiriman minyak mentah dari *Central Processing Area* (CPA) ke *Floating Storage Offloading* (FSO) membutuhkan unit *shipping pump* dengan *head* yang sangat tinggi. Berdasarkan *operation manual* dari vendor, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan untuk unit *shipping pump* adalah *Preventive Maintenance* (PM). Namun, karena dianggap kurang efisien, maka PM dengan interval pendek dikurangi atau bahkan tidak dilakukan oleh operator. Dari hasil analisis *Overall Equipment Effectiveness* yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa usaha peningkatan efisiensi aktivitas PM dengan cara mengurangi aktivitas PM yang seharusnya dilakukan justru menyebabkan kualitas kinerja *shipping pump* menjadi tidak maksimal.

Dalam penelitian ini dilakukan optimasi *Preventive Maintenance* (PM) pada *shipping pump* PP-8400B di CPA JOB P-PEJ menggunakan *Genetic Algorithm* (GA). Inti dari optimasi ini yaitu pada komponen *racor fuel filter*, *fuel filter separator*, *coolant filter*, dan *air filter* dilakukan PM secara bersamaan, namun dengan jenis PM yang berbeda untuk menekan *total cost maintenance* dan tetap memaksimalkan *reliability system*. Sehingga dapat diperoleh PM yang lebih efisien tanpa harus menurunkan kualitas kinerjanya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil optimasi yang dilakukan dapat menghemat *total cost maintenance racor fuel*

*filter* sebesar 16,41% dan *fuel filter separator* sebesar 26,77% selama 1500 jam. Di sisi lain *reliability* terkecil secara sistem selama 1500 jam diperoleh 0,7151 dan masing-masing komponen sebesar 0,9158 untuk *racor fuel filter*, 0,9035 untuk *fuel filter separator*, 0,8995 untuk *coolant filter*, dan 0,8264 untuk *air filter*.

**Kata Kunci:** *Preventive maintenance, genetic algorithm, racor fuel filter, fuel filter separator, coolant filter, air filter, reliability, dan total cost maintenance.*

**OPTIMIZING PREVENTIVE MAINTENANCE ON  
SHIPPING PUMP WITH GENETIC ALGORITHM IN  
JOINT OPERATING BODY PERTAMINA-PETROCHINA  
EAST JAVA (JOB P-PEJ) SOKO – TUBAN**

**Name : Ahmad Asrori**

**NRP : 2410100004**

**Department : Teknik Fisika FTI – ITS**

**1<sup>st</sup> Supervisor : Dr. Bambang L. Widjiantoro, ST., MT.**

**2<sup>nd</sup> Supervisor : Hendra Cordova, ST., MT.**

***Abstract***

*The process of shipping crude oil from Central Processing Area (CPA) into Floating Storage Offloading (FSO) requiring shipping pump unit with very high head. Based on manual operation from vendor, maintenance strategy that recommended for shipping pump unit is Preventive Maintenance (PM). But, because it reputed less efficient, so operator become cutting or not executing PM with short interval. From Overall Equipment Effectiveness analysis which has been made indicating that the effort for upgrading efficiency of PM activities with cutting PM activities which should be do exactly causing performance quality become not maximal.*

*In this research made optimizing Preventive Maintenance (PM), on shipping pump PP-8400B in the CPA JOB P-PEJ with Genetic Algorithm (GA). The core of this optimization will be executed PM simultaneously on the racor fuel filter, fuel filter separator, coolant filter, and air filter, but with different PM activities for minimizing total cost maintenance and maximizing reliability of system. So, obtainable PM which more efficient without must reducing its performance quality.*

*The result of this research show that optimizing can be economized total cost maintenance of racor fuel filter 16.41% and fuel filter separator 26.77% during 1500 hours. On the other hand, the lowest reliability of system obtainable 0.7151 and for*

*each component obtainable 0.9158 for racor fuel filter, 0.9035 for fuel filter separator, 0.8995 for coolant filter, and 0.8262 for air filter.*

**Keywords:** *Preventive maintenance, genetic algorithm, racor fuel filter, fuel filter separator, coolant filter, air filter, reliability, and total cost maintenance.*

## DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Permasalahan .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Manfaat .....	4
1.6. Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. <i>Diesel Engine Shipping Pump</i> .....	7
2.1.1. <i>Lubricating Oil System</i> .....	8
2.1.2. <i>Fuel System</i> .....	9
2.1.3. <i>Cooling System</i> .....	10
2.1.4. <i>Air Intake System</i> .....	11
2.2. <i>Strategi Preventive Maintenance</i> .....	12
2.3. <i>Model Reliability</i> .....	13
2.3.1. <i>Empirical Method</i> .....	14
2.3.2. <i>Dynamic Reliability</i> .....	15
2.3.3. <i>Improvement Factor</i> .....	17
2.4. <i>Total Cost Maintenance</i> .....	18
2.5. <i>Optimasi Preventive Maintenance (PM)</i> .....	19
2.6. <i>Genetic Algorithm (GA)</i> .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1. Penentuan Objek Penelitian .....	25
3.2. Penyusunan Model Matematika .....	26

3.3. Perhitungan <i>Improvement Factor</i> dan Fraksi <i>Total Cost Maintenance</i> .....	27
3.4. Implementasi <i>Genetic Algorithm</i> .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1. <i>Dynamic Reliability Model</i> .....	33
4.2. <i>Genetic Algorithm</i> .....	37
4.3. <i>Reliability</i> .....	42
4.4. <i>Total Cost Maintenance</i> .....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
5.1. Kesimpulan .....	49
5.2. Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN .....	53

## LAMPIRAN

- A.1. *Process Flow Diagram CPA JOB P-PEJ*
- A.2. *Shipping Pump PP-8400B di CPA JOB P-PEJ*
- A.3. *Bagian-bagian Shipping Pump PP-8400B*
- A.4. *Design of Engine Performance*
- A.5. *Activity Record PP-8400B per 30 September 2013*
  
- B.1. *Maintenance Activity Record PP-8400*
- B.2. *Maintenance Activity Record Komponen Terpilih*
- B.3. *Running Hours*
- B.4. *Data Kerusakan*
- B.5. *Empirical Method Reliability and Failure Rate*
- B.6. *Fitting of Dynamic Reliability Model*
- B.7. *Implementasi Dynamic Reliability Model (NO PM)*
- B.8. *Improvement Factor*
- B.9. *Maintenance Cost*
  
- C.1. *Genetic Algorithm*
  - C.1.a. Inisialisasi Populasi
  - C.1.b. Pengkodean Kromosom
  - C.1.c. Evaluasi Individu
  - C.1.d. *Linear Fitness Ranking*
  - C.1.e. Seleksi Orang Tua
  - C.1.f. Pindah Silang
  - C.1.g. Mutasi
  - C.1.h. Simulasi
- C.2. *Observasi Parameter Genetic Algorithm*
  - C.2.a. *Listing Program*
  - C.2.b. Hasil Observasi
- C.3. *Observasi Interval Preventive Maintenance*
- C.4. *Observasi Batas Reliability Minimal*
- C.5. *Hasil Optimasi*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

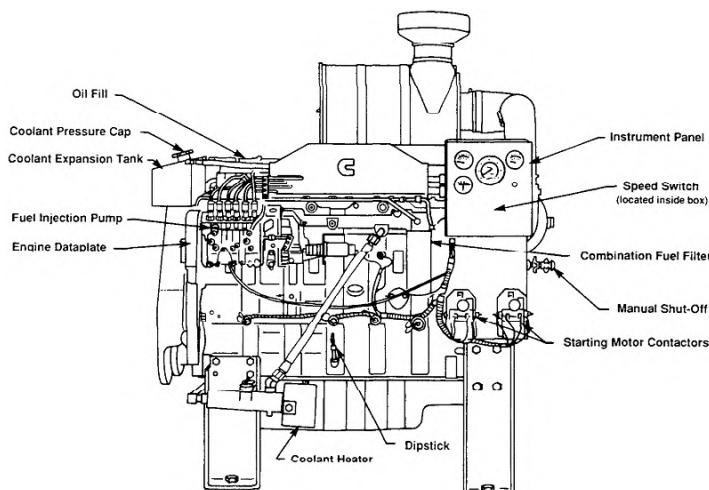
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Diesel Engine Shipping Pump

Sesuai dengan namanya, *diesel engine shipping pump* merupakan sebuah mesin dengan bahan bakar diesel yang digunakan untuk menggerakkan *shipping pump*. Pada dasarnya penggunaan *diesel engine shipping pump* dikarenakan keterbatasan daya listrik yang dihasilkan oleh *power plant* di CPA JOB P-PEJ. Listrik yang tersedia dari *power plant* hanya cukup digunakan untuk menjalankan proses produksi dan tiga dari lima unit *shipping pump* yang ada. Sedangkan dua unit lainnya digerakkan dengan menggunakan *diesel engine*, yaitu PP-8300C dan PP-8400B. Jika dibandingkan dengan *electrical motor shipping pump*, unit ini mempunyai sistem yang jauh lebih rumit sehingga dibutuhkan pemeliharaan lebih rutin (*Lampiran A.3.*).

Berdasarkan komponen penyusunnya, sistem *diesel engine shipping pump* dapat diklasifikasikan menjadi *internal engine component*, *external engine component*, dan *filters component*.



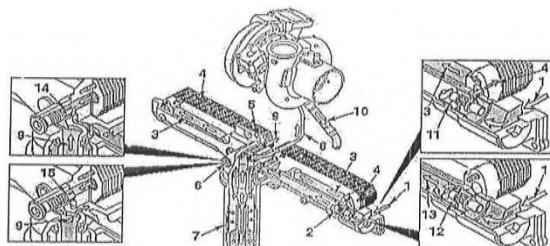
Gambar 2.1. External engine component [5]

Dari tiga yang disebutkan, *internal engine component* memiliki *failure rate* yang paling kecil diantara ketiganya, sehingga interval PM untuk komponen tersebut juga sangat lama (*overhaul*). Sedangkan *external engine component* dan *filters component* harus dilakukan PM lebih rutin dengan melakukan perbaikan maupun penggantian.

*Filters component* merupakan bagian yang sangat penting dan menentukan kualitas kinerja dari *diesel engine*, karena bagian ini menjadi tempat dimana segala unsur dan senyawa yang akan terlibat pada proses di dalam *diesel engine* diseleksi terlebih dahulu melalui mekanisme *filtering*. Terdapat empat jenis filter pada *diesel engine shipping pump* untuk menyeleksi empat jenis fluida berbeda yang masuk melalui *lubricating oil system*, *fuel system*, *cooling system*, dan *air intake system*. Keempatnya yaitu *oil engine filter* untuk *oil lubricant*, *fuel filter* untuk *diesel fuel*, *coolant filter* untuk *water coolant*, dan *air filter* untuk udara yang dibutuhkan dalam pembakaran [5].

### 2.1.1. Lubricating Oil System

Segala jenis *rotating equipment* membutuhkan sistem pengolian (*lubricating*) untuk mengurangi gesekan yang mungkin terjadi. *Lubricating* tidak hanya dilakukan pada *internal engine component*, namun juga dilakukan pada beberapa *external engine component* yang memungkinkan terjadinya gesekan. *Oil engine* sendiri merupakan *lubricant* untuk mengurangi gesekan pada *internal engine component*. Dalam hal ini *oil engine* juga berfungsi untuk menjaga mesin agar tidak cepat panas [6].



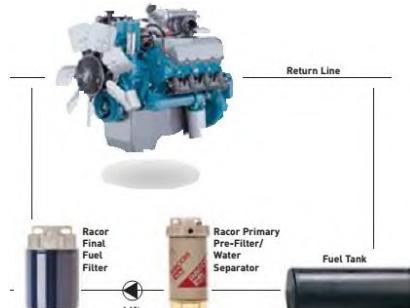
Gambar 2.2. Oil engine filter component [7]

*Lubricating* pada *internal engine component* dilakukan dengan *oil engine* yang diisikan pada *lubricating oil pan* di bagian bawah *diesel engine shipping pump*. *Oil engine* ini kemudian dipompakan menuju *oil filter* (**Gambar 2.2. (7)**) untuk dibersihkan dari partikel-partikel padatan sebelum masuk ke bagian dalam mesin [7]. Proses *filtering* diperlukan karena *internal engine component* sangat sensitive terhadap partikel-partikel kontaminan dari luar yang justru dapat menambah gesekan di dalam mesin, seperti kerusakan yang terjadi saat ini pada *shipping pump* PP-8300C di CPA JOB P-PEJ.

### **2.1.2. Fuel System**

Dengan beban yang sangat berat, yaitu memompakan minyak mentah dari CPA ke terminal FSO sejauh 55,5 km mengakibatkan konsumsi bahan bakar *diesel engine shipping pump* menjadi sangat banyak. Mahalnya harga *diesel fuel* kemudian ditanggapi oleh *engineer* JOB P-PEJ dengan menginstal *dual-fuel system* pada *diesel engine shipping pump*. Sehingga konsumsi *diesel fuel* dapat ditekan menjadi 40% dan 60% adalah *lean gas* hasil pemisahan *Sulfur Recovery Unit* (SRU) di CPA. Namun, karena masih bermasalah dengan efisiensi pembakaran, hingga saat ini bahan bakar yang digunakan hanya *diesel fuel*.

Di dalam ruang bakar, energi yang tersimpan pada *diesel fuel* kemudian diubah menjadi energi panas. Dan melalui proses termodinamik, energi panas selanjutnya dikonversi menjadi energi mekanik yang memutar *shipping pump*. Dengan demikian, *performance* dari *diesel engine shipping pump* sangat tergantung pada seberapa sempurna pembakaran *diesel fuel* dalam ruang bakar. Dimana pembakaran sempurna hanya terjadi jika semua energi dalam *diesel fuel* dapat dikonversi menjadi energi panas. Beberapa faktor yang bisa menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna yaitu adanya kandungan air dan partikel kontaminan di dalam *diesel fuel*. Sehingga untuk meningkatkan *performance* *diesel engine shipping pump*, sebelum memasuki ruang bakar, *diesel fuel* harus dibersihkan terlebih dahulu.

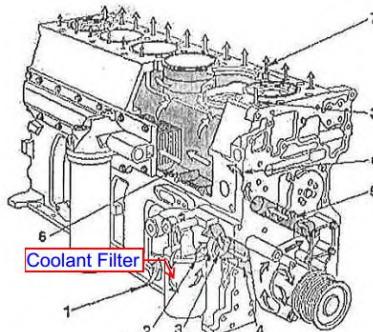


**Gambar 2.3.** Fuel filter system [8]

Pembersihan dilakukan sebanyak dua kali, yaitu dari kandungan air yang dilakukan oleh *fuel filter separator* dan dari partikel padatan oleh *racor fuel filter*. Desain *fuel filter* seperti ini (**Gambar 2.3.**) dilakukan untuk *heavy-duty application* termasuk *diesel engine shipping pump* di CPA JOB P-PEJ [8].

### 2.1.3. Cooling System

Dengan kerja yang sangat berat membuat *diesel engine shipping pump* menjadi lebih cepat panas. Sehingga dibutuhkan sistem pendinginan khusus menggunakan *Suplemental Coolant Additive* (SCA). Sebelum masuk ke sistem internal mesin, SCA dibersihkan terlebih dahulu dari partikel padatan oleh *coolant filter* [7].

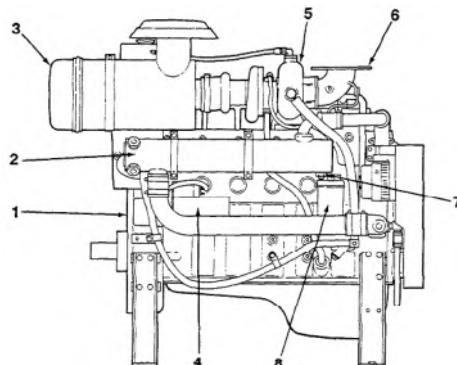


**Gambar 2.4.** Cooling system [7]

SCA digunakan untuk mendinginkan beberapa bagian dan proses di dalam mesin, termasuk *piston cylinder head* (**Gambar 2.4. (7)**). Sistem pendinginan ini menggunakan prinsip pertukaran panas secara sederhana. SCA yang mempunyai temperatur lebih rendah daripada proses di dalam mesin dialirkan pada beberapa bagian yang membutuhkan pendinginan. Sepanjang aliran ini, SCA akan menyerap panas dari beberapa bagian yang perlu didinginkan [7].

#### **2.1.4. Air Intake System**

Udara dibutuhkan dalam proses pembakaran. Kerja yang berat mengakibatkan konsumsi bahan bakar menjadi semakin banyak. Sementara itu, efisiensi pembakaran tergantung pada rasio bahan bakar dan udara yang berafiliasi di dalam ruang bakar. Sehingga pada proses pembakaran di dalam ruang bakar *diesel engine shipping pump* juga dibutuhkan udara dalam jumlah banyak yang disuplai oleh *turbochareger*.



**Gambar 2.5. Air intake system [9]**

*Turbocharger* (**Gambar 2.5. (5)**) akan menghisap udara dari lingkungan yang masuk melalui *air filter* (**Gambar 2.5. (3)**). Mekanisme penghisapan ini dilakukan dengan memanfaatkan udara pembuangan hasil pembakaran yang digunakan memutar turbin sebelum keluar melalui *exhaust* (**Gambar 2.5. (6)**). Putaran turbin selanjutnya memutar turbin kedua untuk menghisap udara

dari lingkungan. Udara yang terhisap kemudian masuk kedalam ruang bakar untuk proses pembakaran [10]. Jauh sebelum masuk ke ruang bakar, udara dari lingkungan dibersihkan terlebih dahulu oleh *air filter* agar tidak ada benda, organisme, maupun partikel yang ikut terhisap *turbocharger*.

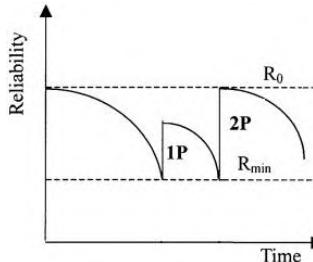
## 2.2. Strategi *Preventive Maintenance* (PM)

*Maintenance* (pemeliharaan) merupakan aktivitas untuk menjaga suatu mesin atau peralatan agar tidak mengalami kerusakan atau merawat performanya supaya memenuhi kriteria yang diharapkan dan tidak membahayakan lingkungan sekitar. Terdapat tiga teknik yang sering digunakan dalam pelaksanaan aktivitas *maintenance* [11], yaitu:

- a. *Reactive Maintenance* (RM), merupakan teknik pemeliharaan yang dilakukan setelah mesin atau peralatan mengalami kerusakan.
- b. *Preventive Maintenance* (PM), merupakan teknik pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah konsekuensi kegagalan pada tingkat komponen, unit, maupun proses.
- c. *Predictive Maintenance* (PdM), merupakan teknik pemeliharaan yang dilakukan setelah *monitoring* kondisi mesin atau peralatan menunjukkan keadaan yang melebihi ambang kewajaran.

Dari ketiganya, PM merupakan teknik yang paling banyak digunakan di dunia industri. Secara garis besar, PM dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *routine maintenance* dan *periodic maintenance*. *Routine maintenance* (pemeliharaan rutin) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin setiap hari, seperti pembersihan fasilitas atau peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan isi bahan bakar, dan pemanasan (*warming up*) selama beberapa menit sebelum mesin dinyalakan. Sedangkan *periodic maintenance* (pemeliharaan periodik) dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu, sehingga dibutuhkan sistem penjadwalan yang harus ditentukan sebelumnya [11].

Selama ini istilah PM lebih identik dengan *routine maintenance*. Kemudian oleh Lie dan Chun (1986), aktivitas PM diklasifikasikan menjadi *simple preventive maintenance* (1P) dan *preventive maintenance replacement* (2P) [12].



**Gambar 2.6.** Kurva reliability hasil 1P dan 2P maintenance [12]

Perbedaan mendasar kedua jenis aktivitas PM tersebut terletak pada kemampuannya mengembalikan *reliability* komponen atau sistem seperti semula. Penerapan *simple preventive maintenance* atau *simple repair* (1P) tidak akan pernah mengembalikan *reliability* seperti semula. Sementara itu, *preventive maintenance replacement* atau *renewed* (2P) akan menghasilkan *reliability* sistem atau komponen menjadi baru lagi.

### 2.3. Model Reliability

*Reliability* (keandalan) merupakan peluang suatu sistem atau komponen untuk tetap dapat berfungsi selama waktu tertentu. Jadi penentuan *reliability* dari suatu sistem atau komponen diperlukan analisis statistik terhadap data kapan saja sistem atau komponen tersebut mengalami kerusakan. Ada dua metode yang dapat digunakan untuk menganalisis *reliability*, pertama menggunakan *time failure distribution* dan *empirical method*. Metode yang paling direkomendasikan untuk menghitung *reliability* adalah *time failure distribution* dengan jumlah data yang banyak. Namun dalam kondisi data yang terbatas, penggunaan *empirical method* lebih direkomendasikan karena sangat sulit untuk menentukan *time failure distribution* [13].

### 2.3.1. Empirical Method

Dalam analisis *reliability*, *empirical method* biasa disebut sebagai *nonparametric method* atau *distribution-free method*. Perhitungan metode ini pada dasarnya menggunakan prinsip statistik sederhana untuk mendapatkan *reliability* dan *failure rate* setiap waktu kerusakan [13].

**Tabel 2.1.** Ilustrasi Data Kerusakan

i	TTF	Reliability	Failure Rate
1	$t_1$	$R_1$	$f_1$
2	...	...	...
3	$t_n$	$R_n$	$f_n$

Jika diperoleh data kerusakan berupa *time to failure* (TTF) dari suatu komponen, maka *reliability* dan *failure rate* setiap waktu kerusakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1.) dan (2.2.).

$$R(t_i) = \frac{n+1-i}{n+1} \quad \dots \text{ (2.1.)}$$

$$\lambda(t_i) = \frac{1}{(t_{i+1}-t_i) \times (n+1-i)} \quad \dots \text{ (2.2.)}$$

dengan:  
 $R(t_i)$  adalah *reliability* pada TTF ke – i  
 $n$  adalah jumlah kerusakan yang terjadi  
 $\lambda(t_i)$  adalah *failure rate* pada TTF ke – i  
 $t_i$  adalah nilai TTF ke – i

Dari hasil perhitungan *empirical method* dapat pula diturunkan *time failure distribution* maupun model lain yang menggambarkan *reliability* selama waktu  $t$  dengan melakukan *fitting* parameter yang divalidasi secara statistik [12]. Salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk validasi *fitting* model adalah *Mean Square Error* (MSE) menggunakan persamaan (2.3.) [14].

$$MSE = \frac{1}{n} \times \sum (Rx_i - Ry_i)^2 \quad \dots (2.3.)$$

dengan  $Rx$  adalah *reliability* hasil perhitungan *empirical method* dan  $Ry$  adalah *reliability* hasil perhitungan dari model yang dibentuk. Nilai  $Ry$  dapat diatur-atur menggunakan parameter model tertentu hingga diperoleh MSE paling kecil.

### 2.3.2. Dynamic Reliability

Model *dynamic reliability* merupakan model *nonparametric distribution* yang diturunkan dari *failure rate function* dalam selang waktu  $t$  [12].

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad \dots (2.4.)$$

Kemudian oleh You-Tern Sai (2001), berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa kerusakan komponen mekanik dari suatu sistem kebanyakan dikarenakan *fatigue*, *wear*, *corrosion*, dll. Sehingga persamaan (2.4.) dapat didekati menggunakan persamaan (2.5.).

$$\lambda(t) = A_0 + A_1(R_0 - R(t)) \quad \dots (2.5.)$$

dengan:  
 $R_0$  adalah *initial reliability*  
 $A_0$  adalah *initial failure rate*  
 $A_1$  adalah *degradation factor*

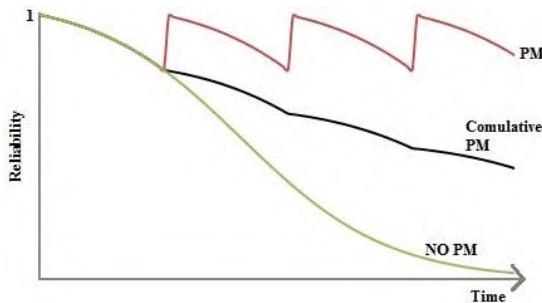
Substitusi persamaan (2.5.) kedalam persamaan (2.4.), kemudian diperoleh *dynamic reliability model* seperti pada persamaan (2.6.). Persamaan tersebut menunjukkan *reliability* suatu sistem atau komponen tanpa perlakuan PM.

$$R(t) = \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{[(A_0 + A_1 R_0)t]}} \quad \dots (2.6.)$$

Penerapan PM akan menyebabkan *reliability* pada setiap *stage* menjadi baru lagi atau sedikit lebih besar dari sebelumnya. **Gambar 2.6.** Terlepas dari jenis aktivitas yang diterapkan, apabila dilakukan PM setiap rentang waktu  $T$  pada suatu sistem atau komponen, maka *dynamic reliability model* dalam persamaan (2.6.) harus diubah menjadi persamaan (2.7.) [12][13].

$$R(t - nT) = \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{[(A_0 + A_1 R_0)(t - nT)]}} \dots (2.7.)$$

dengan  $n$  menunjukkan *stage* PM ke-  $n$ . Dalam keadaan nyata, suatu komponen atau sistem akan terus mengalami penurunan *reliability* meskipun telah dilakukan PM secara rutin.



**Gambar 2.7.** Perbandingan kurva *reliability* [13]

Sehingga penggambaran *real case* keadaan *reliability* sepanjang waktu harus dinyatakan kedalam model *Cumulative PM*.

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \dots (2.8.)$$

Maka dalam *real case*, *dynamic reliability model* dalam persamaan (2.6.) dinyatakan menjadi persamaan (2.9.).

$$R_m(t) = \left( \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{[(A_0 + A_1 R_0)T]}} \right)^n \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{[(A_0 + A_1 R_0)(t - nT)]}} \dots (2.9.)$$

### 2.3.3. Improvement Factor

Aktivitas PM tidak mungkin mampu mengembalikan *reliability* dari suatu sistem atau komponen seperti keadaan sebelumnya jika PM yang dilakukan hanya berupa perbaikan (*simple repair*) tanpa penggantian (*replacement*). *Improvement factor* ( $m$ ) merupakan koefisien yang menunjukkan seberapa besar keberhasilan aktivitas PM yang dilakukan dalam mengembalikan *reliability* seperti saat pertama digunakan [15]. Jika *replacement* didefinisikan sebagai 2P *maintenance* dan *simple repair* sebagai 1P *maintenance*, maka dapat didefinisikan pula bahwa *improvement factor* dari 2P *maintenance* selalu bernilai 1 karena penggantian akan menghasilkan *reliability* sistem atau komponen menjadi baru dan 1P *maintenance* akan memiliki *improvement factor*  $0 < m < 1$ .

Secara matematik, *improvement factor* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10.) [15].

$$m = \frac{1}{\sum p} \sum p \times d \quad \dots (2.10.)$$

dengan  $p$  adalah peluang dilakukannya 1P *maintenance* dan  $d$  merupakan *improved level*. Dimana,

$$p = \frac{n_{1P}}{\sum n_{1P} + \sum n_{2P}} \quad \dots (2.11.)$$

$$d = \frac{TTF_{i+1}}{MTTF} \quad \dots (2.12.)$$

dengan:

- $n_{1P}$  adalah banyaknya 1P *maintenance* yang dilakukan selama waktu  $t$
- $n_{2P}$  adalah banyaknya 2P *maintenance* yang dilakukan selama waktu  $t$
- $TTF_{i+1}$  adalah *time to failure* yang dihasilkan oleh 1P *maintenance* yang dilakukan
- $MTTF$  adalah *mean time to failure*

Adanya kemungkinan variasi PM (1P atau 2P) dan jika aktivitas PM dilaksanakan setiap interval waktu  $t_p$ , maka persamaan (2.6.) kemudian dapat dimodifikasi menjadi persamaan (2.13.).

$$R(t) = \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{[(A_0 + A_1 R_0)(t - m(j-1)t_p)]}} \quad \dots (2.13.)$$

dengan ( $j-1$ ) merupakan *stage* dimana dilakukan PM.

#### 2.4. Total Cost Maintenance

Salah satu tujuan diterapkannya PM adalah untuk menekan biaya kerugian jika terjadi kerusakan. Selain merugikan sistem yang berkaitan, kerusakan yang terjadi secara mendadak dapat memperpanjang *downtime* karena *operator* belum siap dan tidak menduga sebelumnya sehingga dibutuhkan selang waktu tertentu baru kemudian melakukan perbaikan. Di sisi lain, sebuah sistem yang mengalami kerusakan secara mendadak juga memerlukan identifikasi terlebih dahulu untuk mengetahui bagian mana yang mengalami kerusakan, sehingga selain memperpanjang *downtime* juga akan menambah jumlah *man power*.

Secara praktis, *total cost maintenance* dapat dianalisis melalui tiga faktor, yaitu *down time*, *man power*, dan harga komponen pengganti jika harus diganti [16]. Untuk *equipment* tertentu yang dipasang tanpa *redundant* (cadangan), *downtime* yang panjang akan mengkabutkan kerugian yang sangat besar karena proses produksi menjadi terhenti. Sementara itu *man power* berkaitan dengan seberapa lama waktu perbaikan yang dibutuhkan atau *time to repair* (TTR).

$$C_{TM} = C_c + C_d + (TTR \times C_m) \quad \dots (2.14.)$$

dengan:  $C_c$  adalah harga komponen

$C_d$  adalah biaya *downtime*

$C_m$  adalah biaya tenaga teknisi (*man power*)

Jika tidak ada penggantian komponen, maka  $C_c$  dapat dihilangkan. Sedangkan, apabila komponen yang rusak mempunyai *redundant*, maka  $C_d$  juga dapat dihilangkan.

## 2.5. Optimasi *Preventive Maintenance* (PM)

Optimasi merupakan sebuah seni dan ilmu untuk memilih solusi terbaik dari berbagai macam kemungkinan baik yang terbatas maupun tidak [17]. Dalam konsep keilmuan, optimasi telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti matematika, ekonomi, teknik, ilmu alam, dan sosial. Secara teknik, optimasi membutuhkan sebuah model matematika sebagai *objective function* (fungsi tujuan). Ketepatan dalam pemilihan model *objective function* akan menentukan *performance* dari optimasi yang dilakukan. Sehingga dibutuhkan pengetahuan konsep dasar tentang kasus yang akan diselesaikan

Berbagai konsep dasar dari para ahli telah memberikan batasan tertentu dalam penyusunan *objective function* yang paling tepat. Konsep dasar yang harus diketahui yaitu bahwa segala kasus optimasi baik berupa maksimasi maupun minimasi harus dinyatakan dalam fungsi maksimasi dengan *range* yang jelas [18]. Perumusan ini bisa dilakukan dengan mengkombinasikan beberapa konstanta. Sebagai contoh, jika fungsi  $h$  menyatakan sebuah model minimasi, maka dapat dibentuk *objective function* seperti dalam persamaan (2.15.).

$$f = \frac{1}{h+a} \quad \dots (2.15.)$$

dengan  $a$  merupakan bilangan tertentu untuk mengatur nilai maksimal dari *objective function* agar tidak ada pembagian dengan angka nol.

PM pada sebuah sistem atau unit biasanya dilakukan secara terpisah untuk masing-masing komponen. Hal ini memungkinkan adanya perbedaan aktivitas PM terhadap setiap komponen yang bergantung pada penurunan *reliability* dan besar kecilnya *total cost maintenance*. Sehingga prencanaan PM memerlukan analisis

optimalisasi untuk mengetahui bagaimana kombinasi aktivitas PM yang paling optimal [12]. Pada dasarnya tujuan optimasi melibatkan dua subjek yang sebanding, yaitu dengan *total cost maintenance* yang besar akan diperoleh *reliability* yang tinggi dan sebaliknya. Meskipun tujuan PM adalah untuk meningkatkan *reliability* semaksimal mungkin, namun jika *total cost maintenance* yang digunakan terlalu besar juga sangat tidak efisien bagi perusahaan. Maka oleh Kamran (2008) diturunkan berapa *objective function* yang mungkin digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut [19].

$$\text{Objective Function}_1 = w_1 \left( \frac{\text{Cost}_{\text{total}}}{\text{Cost}_{\text{max.}}} \right) - w_1(\text{Reliability}) \quad \dots (2.16)$$

$$\text{Objective Function}_2 = |\text{Cost}_{\text{total}} - \text{Budget}| - (\text{Reliability}) \quad \dots (2.17.)$$

$$\text{Objective Function}_3 = \text{Cost}_{\text{total}} + (\text{Cost}_{\text{max.}} \times |\text{Reliability} - \text{Required Reliability}|) \quad \dots (2.18)$$

*Objective function* pada persamaan (2.16) merupakan tipe penyetaraan orde *total cost maintenance* dengan *reliability*. Sedangkan pada persamaan (2.17.) digunakan ketika *budget* atau biaya *maintenance* telah ditentukan sebelumnya. Sementara persamaan (2.18.) merupakan model yang digunakan jika diberlakukan target *reliability* yang harus dicapai.

## 2.6. Genetic Algorithm (GA)

*Genetic Algorithm* (GA) merupakan sebuah teknik pencarian *heuristic* yang didasarkan pada mekanisme genetika dan evolusi secara alami. GA pertama kali diusulkan oleh Fraser, Bremermann, serta Reed dan dipopulerkan oleh Holland. Model GA mengikuti konsep evolusi genetika, dengan sifat individu dinyatakan dengan menggunakan genotip. Operator GA secara mendasar terdiri atas seleksi dan rekombinasi. Seleksi digunakan untuk memodelkan ketahanan hidup, sedangkan rekombinasi digunakan untuk memodelkan reproduksi [18].

GA banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah praktis yang berfokus pada pencarian parameter optimal. Sehingga kebanyakan orang akan mengira bahwa GA hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Lebih dari itu, GA telah banyak diaplikasikan untuk penyelesaian masalah dan pemodelan dalam bidang teknologi, bisnis, serta *entertainment*. Dibandingkan dengan metode lainnya, GA mempunyai beberapa keunggulan, yaitu tidak terlalu banyak membutuhkan persyaratan matematika sehingga cocok untuk menyelesaikan permasalahan yang sangat besar, kompleks, sulit dipahami, hingga berbentuk model *non-linear* [4].

Untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, GA standar yang umum digunakan memiliki skema atau algoritma sebagai berikut [4]:

a. Inisialisasi populasi

Inisialisasi populasi dilakukan untuk membangkitkan sebuah populasi yang berisi sejumlah kromosom dimana setiap kromosom diisi dengan beberapa gen. Seberapa banyak populasi yang dibangkitkan mencerminkan jumlah solusi yang mungkin untuk permasalahan yang diangkat.

b. Pengkodean kromosom

Teknik yang paling banyak digunakan dalam skema pengkodean kromosom adalah *binary encoding*.

<i>g1</i>	<i>g2</i>	<i>g3</i>	<i>g4</i>	<i>g5</i>	<i>g6</i>	<i>g7</i>	<i>g8</i>	<i>g9</i>
<i>Kromosom 1</i>			<i>Kromosom 2</i>			<i>Kromosom 3</i>		
<i>Individu</i>								

**Gambar 2.8.** Skema pengkodean *binary encoding*

Pada **Gambar 2.8.**,  $g$  merupakan gen yang berisi bilangan bit 1 atau 0. Kumpulan beberapa bilangan bit kemudian menyusun menjadi kromosom atau solusi dari variabel yang dicari melalui sebuah mekanisme pengkodean.

$$x = r_b + (r_a - r_b)(g_1 \times 2^{-1} + g_2 \times 2^{-2} + \cdots + g_n \times 2^{-n}) \quad \dots \quad (2.19)$$

- dengan:  $x$  bilangan real yang terbentuk  
 $r_a$  batas atas pengkodean  
 $r_b$  batas bawah pengkodean  
 $n$  jumlah gen atau bilangan biner  
 $g_n$  gen atau bilangan biner ke- n

Jumlah gen atau bilangan biner serta batas atas dan batas bawah yang digunakan untuk mengkodekan kromosom dapat bervariasi tergantung kebutuhan bilangan real atau solusi yang diinginkan.

c. Nilai *fitness*

Suatu individu dievaluasi berdasarkan fungsi tertentu sebagai ukuran performansinya. Di dalam evolusi alam, individu yang bernilai *fitness* tinggi yang akan bertahan hidup. Sedangkan yang bernilai *fitness* rendah akan mati. Pada masalah optimasi, jika solusi yang dicari adalah memaksimalkan sebuah fungsi  $h$  (dikenal sebagai masalah maksimasi), maka nilai *fitness* yang digunakan adalah nilai dari fungsi  $h$  tersebut, yakni  $f = h$  (dimana  $f$  adalah nilai *fitness*). Tetapi jika masalahnya adalah meminimalkan fungsi  $h$  (masalah minimasi), maka fungsi  $h$  tidak bisa digunakan secara langsung. Hal ini disebabkan karena adanya aturan individu yang memiliki nilai *fitness* tinggi lebih mampu bertahan hidup pada generasi berikutnya. Oleh karena itu, nilai *fitness* yang bisa digunakan adalah  $f = 1/h$ , yang artinya semakin kecil nilai  $h$ , semakin besar nilai  $f$ . Tetapi hal ini akan menjadi masalah jika  $h$  dapat bernilai 0. Sehingga ditambahkan sebuah bilangan yang dianggap sangat kecil dan menjadikannya nilai *fitness*.

d. Seleksi orang tua

Pemilihan dua buah kromosom sebagai orang tua yang akan dipindahsilangkan biasanya dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*. Metode seleksi yang umum digunakan adalah *roulette-wheel* dimana masing-masing kromosom menempati potongan lingkaran pada *roulette-wheel* dengan luas secara proporsional berdasarkan nilai *fitness*.

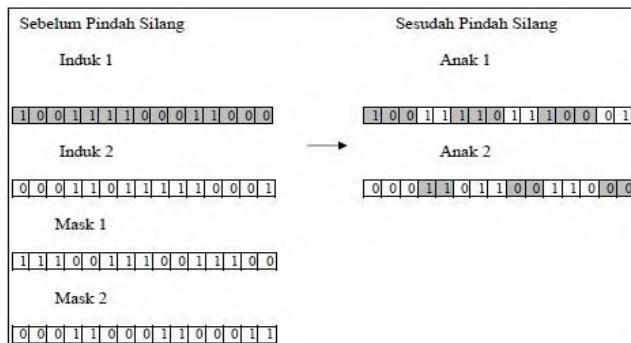


Gambar 2.9. Ilustrasi seleksi *roulette-wheel*

Pertama, dibuat interval komulatif dari nilai *fitness* masing-masing kromosom yang dibagi total nilai *fitness* semua kromosom. Kemudian mekanisme orang tua dilakukan dengan membangkitkan sebuah bilangan random (0 s/d 1). Pada **Gambar 2.9.**, K1 menempati interval komulatif (0,00 s/d 0,25), kemudian K2 (0,25 s/d 0,30), K3 (0,30 s/d 0,70), K4 (0,70 s/d 0,80), dan K5 (0,80 s/d 1,00). Dimana sebuah kromosom akan terpilih jika bilangan random yang dibangkitkan berada dalam interval akumulatifnya. Sebagai contoh, jika bilangan random yang dibangkitkan bernilai 0,60, maka kromosom K3 akan terpilih sebagai orang tua.

#### e. Pindah Silang

Sebuah kromosom yang mengarah pada solusi bagus bisa diperoleh dari proses pindah silang (*crossover*) dua buah kromosom.

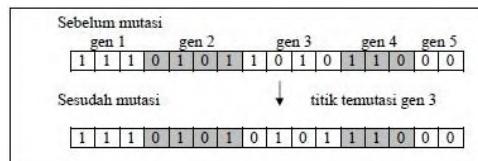


Gambar 2.10. Ilustrasi proses pindah silang

Namun pindah silang bisa juga berakibat buruk jika ukuran populasinya sangat kecil, karena sebuah kromosom dengan gen yang mengarah ke solusi akan sangat cepat menyebar ke kromosom lain. Untuk itu pindah silang hanya bisa dilakukan dengan probabilitas tertentu,  $P_c$ . Artinya, jika dibangkitkan sebuah bilangan random (0 s/d 1) pada masing-masing kromosom, pindah silang akan dilakukan pada kromosom yang mempunyai hasil pembangkitan bilangan random lebih kecil daripada probabilitas pindah silang.

f. Mutasi

Tujuan mutasi adalah memasukkan bahan genetik baru kedalam individu yang ada, yaitu dengan menambah diversitas ke karakteristik genetik dari populasi. Untuk semua gen yang ada, jika dibangkitkan bilangan random dan hasilnya kurang dari probabilitas mutasi ( $P_{mut}$ ) yang ditentukan, maka gen tersebut harus diubah menjadi nilai kebalikannya. (dalam *binary encoding*, 0 diubah 1, dan 1 diubah 0). Biasanya  $P_{mut}$  diatur sebagai  $1/n$ , dimana  $n$  adalah jumlah gen dalam kromosom.



**Gambar 2.11.** Ilustrasi proses mutasi

g. Penggantian populasi

Skema pergantian populasi atau *generational replacement* dapat dilakukan dalam GA meskipun hanya mengganti satu individu saja dalam sebuah populasi. Agar jumlah individu dalam populasi tetap sama, maka dalam skema penggantian harus ada individu yang dihilangkan, bisa dipilih individu yang paling tua atau individu dengan *fitness* paling rendah.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Penentuan Objek Penelitian

Pemilihan objek penelitian dilakukan berdasarkan analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) selama pelaksanaan Kerja Praktek di JOB P-PEJ. Sedangkan proses pemilihan komponen dengan PM yang akan dioptimasi dilakukan berdasarkan data *maintenance activity report* (**Lampiran B.1.**) dan *running hours* (**Lampiran B.3.**) selama bulan Januari 2012 hingga September 2013 dan memilih beberapa komponen dengan intensitas kerusakan yang paling tinggi.

**Tabel 3.1.** Intensitas Kerusakan Komponen

No	Komponen	Intensitas Kerusakan
1	Racor Fuel Filter	8
2	Fuel Filter Separator	5
3	Coolant Filter	5
4	Air Filter	5
5	Exhaust	4
6	Engine Panel	4
7	Lubrication Oil Pan	3
8	Radiator	3
9	Mechanical Seal	3
10	Gearbox	3

Seperti ditunjukkan oleh **Tabel 3.1.**, intensitas kerusakan tertinggi terjadi pada *filters component* terutama *racor fuel filter* yang mencapai 8 kali dan *filters component* lainnya sebanyak 5 kali. Sehingga komponen dengan aktivitas PM yang akan dioptimasi dalam penelitian ini adalah *racor fuel filter*, *fuel filter separator*, *coolant filter*, dan *air filter*.

### 3.2. Penyusunan Model Matematika

Pemodelan dilakukan untuk mendapatkan *fitness function* sebagai fungsi tujuan *Genetic Algorithm* yang terdiri dari *dynamic reliability model* dan *total cost maintenance model*. Sebelum menurunkan *dynamic reliability model*, data *maintenance* dari perusahaan direkab terlebih dahulu untuk memperoleh data *time to failure* (TTF) setiap komponen yang akan dioptimasi (**Lampiran B.4.**). Berdasarkan TTF yang diperoleh, kemudian dihitung nilai kendalan (*reliability*) dan laju kerusakannya (*failure rate*) menggunakan *empirical method* dengan persamaan (2.1.) dan (2.2) (**Lampiran B.5.**).

Hasil perhitungan *reliability* dengan *empirical method* selanjutnya didekati menggunakan *dynamic reliability model* pada persamaan (2.6.) yang divalidasi menggunakan MSE dengan persamaan (2.3.) (**Lampiran B.6.**). Luaran dari pendekatan *dynamic reliability model* adalah sebuah konstanta *degradation factor*. Untuk mengetahui efek aktivitas PM yang dilakukan, kemudian dihitung *improvement factor* sebagai parameter yang menunjukkan seberapa besar *reliability* komponen dapat terangkat kembali setelah pelaksanaan PM (**Lampiran B.8.**). Secara matematis, *improvement factor* disubstitusikan kedalam *dynamic reliability model* seperti dalam persamaan (2.10.).

Dengan tujuan meminimalkan *total cost maintenance* dan tetap diperoleh *reliability* yang maksimal, maka *objective function* atau fungsi tujuan yang digunakan dalam model optimasi dapat didefinisikan sebagai hasil pengurangan *reliability* sistem terhadap fraksi *total cost maintenance* sistem dari modifikasi persamaan (2.16.).

$$f_{obj} = \prod R_c(t) - \frac{\sum C_{TM}}{C_{max}} \quad \dots (3.1.)$$

dengan  $R_c(t)$ ,  $C_{TM}$ , dan  $C_{max}$  masing-masing adalah *reliability* setiap komponen, *total cost maintenance* setiap komponen, dan *maximum cost maintenance* secara sistem. Komponen yang dioptimasi, pada dasarnya terangkai secara serial membentuk

sebuah sistem. Artinya jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen akan menyebabkan sistem tidak dapat berfungsi. Sehingga *reliability* sistem dirumuskan sebagai perkalian antara *reliability* masing-masing komponen. Sementara itu, pembentukan fraksi *total cost maintenance* sistem dilakukan untuk menyamakan orde dengan *reliability* sistem, yaitu bernilai antara 0 hingga 1. Dengan demikian, *objective function* terkecil akan bernilai -1 ketika *reliability* sistem bernilai 0 dan fraksi *total cost maintenance* sistem bernilai 1 serta *objective function* maksimal bernilai 1 pada kondisi sebaliknya.

*Objective function* dalam persamaan (3.1.) mempunyai *range* dari -1 hingga 1. Jika langsung digunakan sebagai *fitness function*, hal ini akan menyulitkan dalam proses identifikasi hasil optimasi. Sehingga persamaan (3.1.) selanjutnya dimodifikasi menjadi persamaan (3.2.) sebagai *fitness function* dengan *range* dari 0 hingga 10.

$$\text{fitness} = \frac{1 + \prod R_c(t) - \frac{\sum c_M}{c_{max}}}{2} \times 10 \quad \dots (3.2.)$$

Penambahan angka 1 dilakukan untuk mengubah *range objective function* yang sebelumnya -1 hingga 1 menjadi dari 0 hingga 2. Kemudian pembagian dengan angka 2 ditujukan untuk mendapatkan *range* dari 0 hingga 1. Dan *fitness function* dengan *range* 1 hingga 10 selanjutnya diperoleh melalui perkalian terhadap angka 10.

### 3.3. Perhitungan *Improvement Factor* dan Fraksi *Total Cost Maintenance*

Secara visual, solusi yang mungkin dalam optimasi yang dilakukan adalah 0P- *maintenance* atau 1P- *maintenance* atau 2P- *maintenance*. Namun secara matematis, solusi tersebut selanjutnya direpresentasikan oleh dua parameter penting berupa *improvement factor* dan fraksi *total cost maintenance* untuk memperoleh nilai *fitness* semaksimal mungkin.

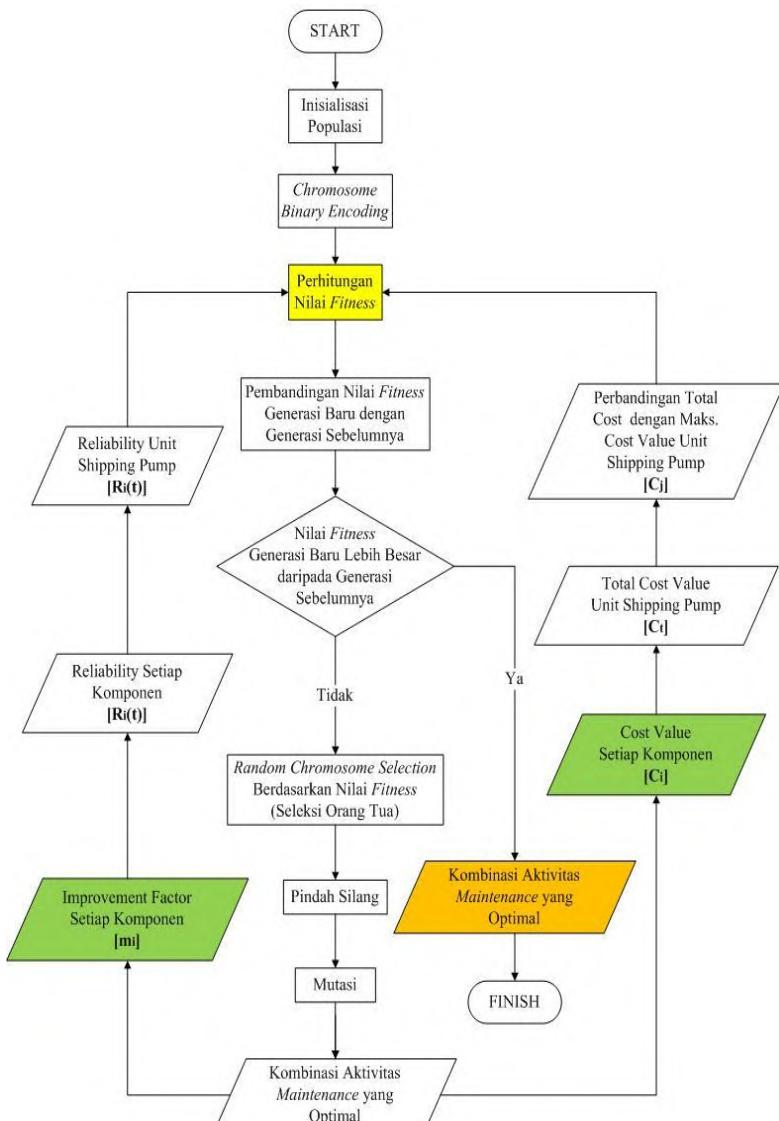
**Tabel 3.2.** Korelasi Tipe *Maintenance* Setiap Komponen

Komponen	Tipe Maintenance	Improvement Factor	Fraksi Total Cost Maintenance
<b>Racor Fuel Filter</b>	0P	0	0
	1P	0,7672	0,00718
	2P	1	0,07774
<b>Fuel Filter Separator</b>	0P	0	0
	1P	0,6311	0,00559
	2P	1	0,15615
<b>Coolant Filter</b>	0P	0	0
	1P	0,6677	0,00854
	2P	1	0,22943
<b>Air Filter</b>	0P	0	0
	1P	0,5267	0,00846
	2P	1	0,53668

Nilai *improvement factor* dan fraksi *total cost maintenance* dalam **Tabel 3.2.** diperoleh dari **Lampiran B.8.** dan **Lampiran B.9..** Proses optimasi akan mengkombinasikan tipe *maintenance* yang harus diterapkan pada masing-masing komponen. Solusi tersebut selanjutnya direpresentasikan oleh *improvement factor* dan fraksi *total cost maintenance* seperti dalam **Tabel 3.2..** *Improvement factor* akan digunakan pada persamaan *dynamic reliability model* untuk menghitung *reliability* sistem dan fraksi *total cost maintenance* langsung disubstitusikan kedalam *fitness function*.

### 3.4. Implementasi *Genetic Algorithm*

*Fitness function* yang telah dibuat kemudian dimasukkan kedalam program GA sebagai fungsi maksimasi. *Performance* dari GA tergantung pada ketepatan dalam penentuan parameternya. Dimana parameter tersebut meliputi jumlah generasi, ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Sehingga sebelum melakukan *running* optimasi PM, GA yang telah disusun harus diobservasi berkali-kali untuk mencari parameter yang paling tepat (**Lampiran C.2.**).



**Gambar 3.1.** Diagram alir *Genetic Algorithm* (GA)

Parameter GA yang telah diperoleh dari hasil observasi kemudian digunakan untuk proses **inisialisasi populasi**. Dimana populasi tersebut berisi berbagai macam kromosom atau solusi (jenis aktivitas PM) yang mungkin untuk masing-masing komponen dalam bentuk bilangan biner. Pada tahap **chromosome binary encoding**, solusi dalam populasi kemudian dikodekan menjadi bilangan real. Dalam optimasi ini, bilangan real yang mungkin terbentuk dari proses pengkodean kromosom adalah 0, 1, 2, dan 3. Artinya, jenis aktivitas PM yang mungkin diterapkan pada masing-masing komponen adalah 0P (tidak dilakukan *maintenance*), 1P (dilakukan *simple repair*), 2P (dilakukan *replacement*), dan angka 3 tidak mencerminkan solusi apapun. Munculnya angka 3 adalah dampak pengkodean kromosom untuk memperoleh bilangan real 0, 1, dan 2 yang harus dikodekan oleh dua bilangan biner dengan batas bawah 0 dan batas atas 4.

**Tabel 3.3.** Konversi Bilangan Biner

Bilangan Real	Bilangan Biner
0	0 0
1	0 1
2	1 0
3	1 1

Sebagai contoh, dengan persamaan 2.19., angka 3 diperoleh dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$x = r_b + (r_a - r_b)(g_1 \times 2^{-1} + g_2 \times 2^{-2} + \dots + g_n \times 2^{-n})$$

$$x = 0 + (4 - 0)(1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2})$$

$$x = 4 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)$$

$$x = 3$$

Kemudian dalam **perhitungan nilai fitness**, dengan fungsi logika *if*, angka yang terpilih kemudian memunculkan nilai *improvement factor* dan *total cost maintenance* untuk menghitung *fitness function*. Dimana hubungan antara bilangan real dengan kedua nilai tersebut seperti pada **Tabel 3.2.**. Sementara itu, angka 3 dihilangkan dengan mengatur logika *if* akan memunculkan *improvement factor* dan *total cost maintenance* yang menyebabkan nilai *fitness* sangat kecil sehingga tidak mungkin dipilih sebagai solusi. Nilai *fitness* dari seluruh solusi yang mungkin dalam satu populasi kemudian diurutkan dari terbesar hingga terkecil. *Fitness* terbesar kemudian dibandingkan dengan *fitness* terbesar generasi sebelumnya. Jika lebih besar daripada generasi sebelumnya, maka solusi paling optimum telah diperoleh dan jika sebaliknya, maka proses algoritma akan dilanjutkan ke tahap *random chromosome selection*.

Pada tahap **random chromosome selection (seleksi orang tua)** dilakukan pemilihan dua individu sebagai orang tua dengan mekanisme *roulette wheel* yang mengelompokkan nilai *fitness* setiap individu secara proporsional. Dengan probabilitas yang telah didefinisikan di awal, dua individu terpilih kemudian melakukan proses **pindah silang** untuk menghasilkan dua individu baru. Itu artinya dari proses ini akan terjadi perubahan susunan kromosom atau solusi di dalam setiap individu. Kemudian perubahan solusi terus berlanjut dalam proses **mutasi**. Proses ini terjadi secara individu, dimana masing-masing gen atau bilangan biner dalam setiap individu akan mengalami perubahan yang tadinya 0 menjadi 1 dan yang tadinya 1 menjadi 0. Hasil dari proses mutasi merupakan berbagai macam solusi yang selanjutnya dievaluasi kembali dalam perhitungan nilai *fitness* dan seterusnya hingga ditemukan solusi kombinasi aktivitas PM dengan *fitness* tertinggi.

Proses pencarian solusi aktivitas PM paling optimum selanjutnya diawali dengan mencari interval PM yang paling optimal. Observasi ini dilakukan dengan menggunakan batas *reliability* minimal sementara. Selanjutnya GA dijalankan untuk

mencari solusi optimal pada beberapa interval selama waktu yang sama. Interval dengan rata-rata *fitness* tertinggi adalah yang dipilih sebagai interval PM (**Lampiran C.3.**). Dalam interval yang telah terpilih kemudian diobservasi beberapa batas minimal *reliability* untuk mencari batas paling optimal (**Lampiran C.4.**). Hasil optimasi dari batas dengan rata-rata *fitness* paling tinggi adalah yang dipilih sebagai solusi dari optimasi PM.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. *Dynamic Reliability Model*

Penyusunan model matematika dilakukan pada seluruh komponen yang akan dioptimasi (**Lampiran B.**). Hasil pendekatan dengan *dynamic reliability model* terhadap *reliability* yang dihitung menggunakan *empirical method* menghasilkan nilai MSE masing-masing komponen sebagai berikut:

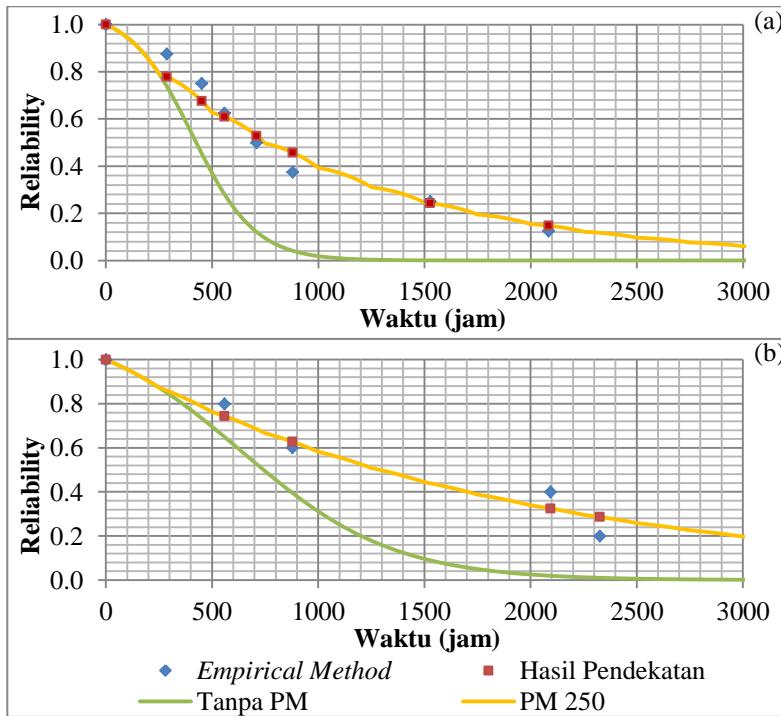
**Tabel 4.1.** MSE Hasil Pendekatan *Dynamic Reliability Model*

Komponen	A <sub>1</sub>	MSE
Racor Fuel Filter	0,0063	0,002935
	0,0064	0,002916
	0,0065	0,002928
Fuel Filter Separator	0,0023	0,003405
	0,0024	0,003394
	0,0025	0,003409
Coolant Filter	0,0012	0,003282
	0,0013	0,003032
	0,0014	0,003195
Air Filter	0,00068	0,000381
	0,00069	0,000379
	0,00070	0,000383

Proses pendekatan atau *fitting reliability* menggunakan *dynamic reliability model* dilakukan dengan mengatur konstanta model berupa *degradation factor* (A<sub>1</sub>) (**Lampiran B.6.**). Penyajian pada **Tabel 4.1.** menunjukkan bahwa *degradation factor* dengan nilai lebih besar maupun lebih kecil dari yang terpilih (warna kuning) sama-sama akan menghasilkan nilai MSE yang lebih besar dari yang terpilih (warna kuning). Sehingga dapat dipastikan bahwa

*degradation factor* (warna kuning) tersebut adalah yang paling sesuai dengan *dynamic reliability model* untuk komponen masing-masing.

Penggunaan konstanta *degradation factor* pada komponen *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* menghasilkan grafik *reliability* dengan garis oranye pada **Gambar 4.1.**. Kondisi aktual di lapangan, *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* diberikan perlakuan PM setiap 250 jam. Sehingga untuk melakukan *fitting* parameter digunakan *dynamic reliability model* dengan interval PM 250 jam secara komulatif.

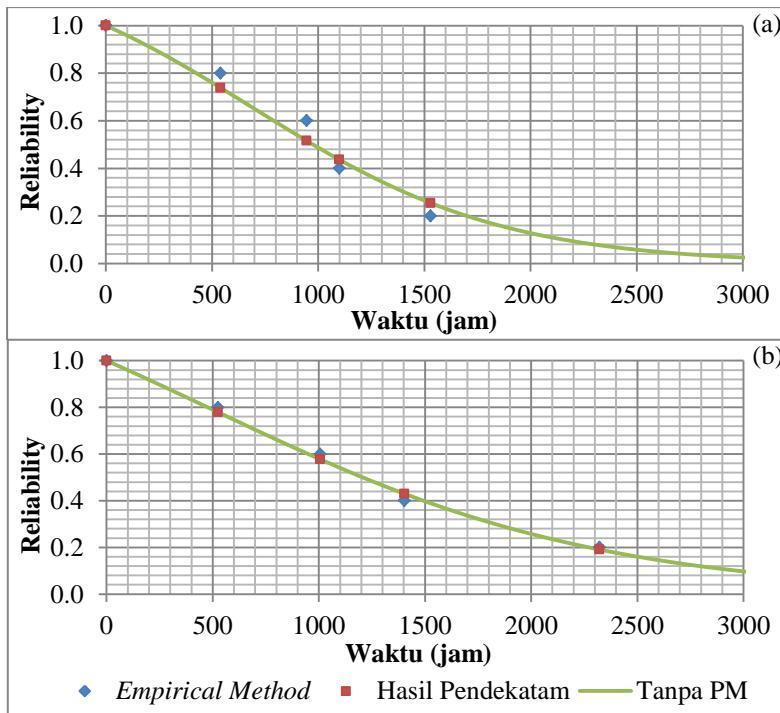


**Gambar 4.1.** (a) *Fitting reliability racor fuel filter*  
(b) *Fitting reliability fuel filter separator*

Penggunaan *dynamic reliability model* secara komulatif dikarenakan fakta di lapangan menunjukkan bahwa segala macam *equipment* akan terus mengalami penurunan *reliability* sepanjang waktu meskipun telah diberlakukan PM secara berkala kepadanya. Dari **Gambar 4.1.** perhitungan *reliability* menggunakan *empirical method* menghasilkan nilai yang bersifat diskrit (titik biru) pada setiap waktu dimana terjadi kerusakan (TTF) (**Lampiran B.5.**). Untuk itu pendekatan dengan *dynamic reliability model* juga dilakukan secara diskrit (titik merah) pada waktu yang sama. Agar lebih jelas, hasil pendekatan selanjutnya digambarkan secara kontinyu oleh grafik PM 250 (garis oranye). Kemudian diturunkan *dynamic reliability model* kedua komponen ketika tidak diberlakukan PM 250 menjadi grafik Tanpa PM (garis hijau).

Sementara itu, pada *coolant filter* maupun *air filter* tidak pernah dilakukan PM seperti halnya *racor fuel filter* dan *fuel filter separator*. Sehingga *fitting* parameter pada *coolant filter* dan *air filter* dapat langsung dilakukan tanpa harus menambahkan parameter interval PM. Dengan menggunakan konstanta *degradation factor* terbaik hasil pendekatan dalam **Tabel 4.1.**, maka dihasilkan grafik *reliability* untuk *coolant filter* dan *air filter* pada **Gambar 4.2.** dengan garis warna hijau.

Seperti yang dilakukan sebelumnya, perhitungan *reliability* dengan *empirical method* pada *coolant filter* dan *air filter* juga menghasilkan nilai yang bersifat diskrit (titik biru) pada setiap waktu dimana terjadi kerusakan (TTF) (**Lampiran B.5.**). Sehingga pendekatan dengan *dynamic reliability model* pada hasil perhitungan *empirical method* juga dilakukan secara diskrit (titik merah) pada waktu yang sama. Untuk memperjelas, maka hasil pendekatan yang dilakukan kemudian digambarkan secara kontinyu oleh grafik Tanpa PM (garis hijau). Jika dibandingkan dengan *racor fuel filter* dan *fuel filter separator*, *coolant filter* dan *air filter* mempunyai *reliability* tanpa PM yang lebih baik. Hal ini menjadi alasan kenapa perusahaan tidak pernah melakukan PM pada kedua komponen tersebut.



**Gambar 4.2. (a) Fitting reliability coolant filter**

**(b) Fitting reliability air filter**

Hasil penurunan *dynamic reliability model* tanpa perlakuan PM pada *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* serta penurunan pada *coolant filter* dan *air filter* yang memang tanpa PM selanjutnya digunakan untuk menghitung *improvement factor* ketika dilakukan 1P *maintenance* pada masing-masing komponen (**Lampiran B.8**). Segala aktivitas *maintenance* yang dilakukan tanpa mengganti komponen terkait dapat digolongkan kedalam 1P *maintenance*. Namun berdasarkan **Lampiran B.2.**, 1P *maintenance* yang mungkin dilakukan untuk semua komponen yang akan dioptimasi adalah pembersihan (*clean up*).

#### 4.2. Genetic Algorithm

Setelah melalui tahap penurunan *dynamic reliability model*, *improvement factor*, dan *total cost maintenance* (**Lampiran B.**), maka akan diperoleh *fitness function* sebagai fungsi tujuan optimasi. Implementasi GA selanjutnya dapat dilakukan dengan memasukkan *fitness function* pada *listing program* GA standar (**Lampiran C.1.**) di dalam *software* MATLAB R2012a dan mendefinisikan parameter GA sebagai berikut:

- Jumlah variabel = 4
- Jumlah bit = 2
- Batas bawah = 0
- Batas atas = 4
- Ukuran populasi = 75
- Jumlah generasi = 10
- Probabilitas pindah silang = 0.9
- Probabilitas mutasi = 0.175

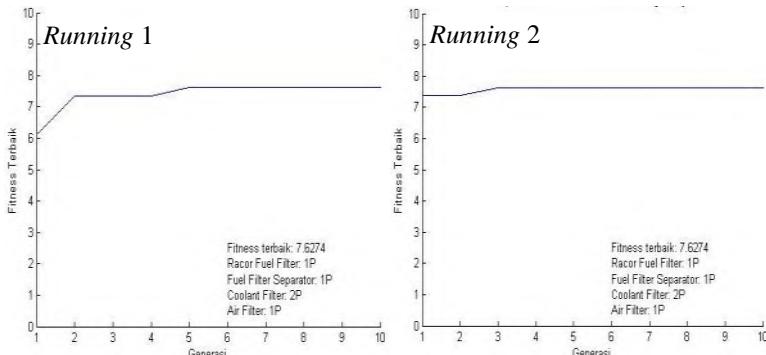
Dalam parameter GA, jumlah variabel atau kromosom menunjukkan jumlah komponen yang akan dicari solusi tipe *maintenance* paling tepat untuk menghasilkan *fitness* semaksimal mungkin. Di dalam masing-masing kromosom tersebut berisi 2 buah bit atau gen, dimana setiap gen berisi angka bit 0 atau 1. Jika 4 buah kromosom digabungkan menjadi satu, maka akan terbentuk sebuah individu yang mempunyai 8 buah gen. Proses acak dilakukan terhadap 8 buah gen yang ada dalam sebuah individu dengan mengubah-ubah angka bit 0 atau 1 mengikuti alur algoritma yang telah ditentukan. Sehingga, penentuan batas bawah dan batas atas dengan nilai 0 dan 4 memungkinkan setiap kromosom mempunyai nilai desimal 0 atau 1 atau 2 atau 3 (**Lampiran C.1.b.**). Nilai 0 kemudian merepresentasikan tidak dilakukan *maintenance* pada komponen, nilai 1 berarti dilakukan *simple repair*, dan nilai 2 berarti dilakukan penggantian komponen. Sedangkan nilai 3 tidak mengandung arti apapun sehingga dileyapkan secara matematik dari proses algoritma (**Lampiran C.1.c.**).

Penentuan ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi dilakukan dengan observasi seperti dalam **Lampiran C.2.**. Dimana ukuran populasi sebesar 75 mengandung arti bahwa pencarian solusi dilakukan pada 75 individu di dalam sebuah populasi dengan kemungkinan terjadinya pindah silang atau perkawinan antara dua individu adalah 0,9 dan kemungkinan terjadinya mutasi untuk masing-masing individu sebesar 0,175 sepanjang 10 generasi atau keturunan. Hasilnya, dengan interval PM 100 jam selama 1500 jam dan batas minimal *reliability* sistem sebesar 0,7 dihasilkan kombinasi aktivitas PM antara *simple repair* (1P) yang kemudian disimbolkan dengan angka 1 dan *replacement* (2P) dengan angka 2 seperti dalam **Tabel 4.2.**. Interval dan batas minimal *reliability* sistem ditentukan dari hasil observasi dalam **Lampiran C.3.** dan **Lampiran C.4..**

**Tabel 4.2.** Kombinasi Aktivitas PM Hasil Optimasi

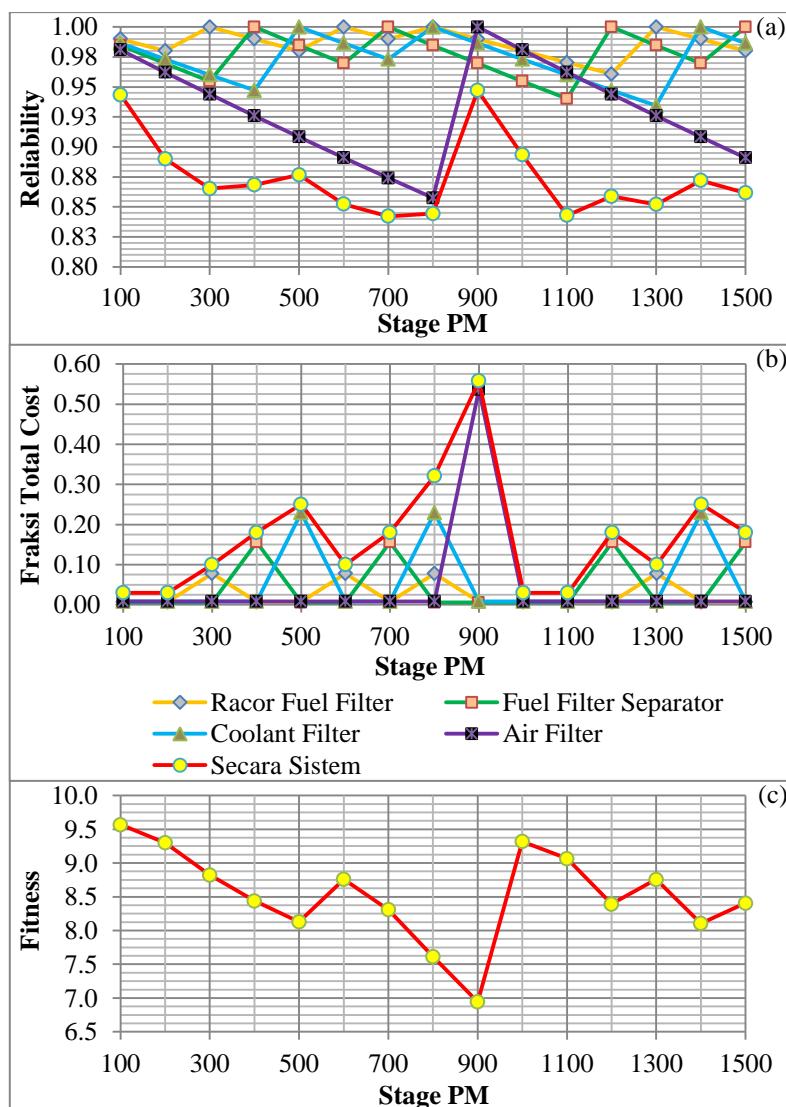
<b>Interval</b>	<b>Maintenance Type</b>				<b>Fitness</b>
	<b>Racor</b>	<b>Fuel</b>	<b>Coolant</b>	<b>Air</b>	
<b>100</b>	1	1	1	1	9,5681
<b>200</b>	1	1	1	1	9,3012
<b>300</b>	2	1	1	1	8,8249
<b>400</b>	1	2	1	1	8,4393
<b>500</b>	1	1	2	1	8,1300
<b>600</b>	2	1	1	1	8,7600
<b>700</b>	1	2	1	1	8,3093
<b>800</b>	2	1	2	1	7,6156
<b>900</b>	1	1	1	2	6,9451
<b>1000</b>	1	1	1	1	9,3182
<b>1100</b>	1	1	1	1	9,0656
<b>1200</b>	1	2	1	1	8,3928
<b>1300</b>	2	1	1	1	8,7582
<b>1400</b>	1	1	2	1	8,1064
<b>1500</b>	1	2	1	1	8,4062

Sebagai parameter yang menunjukkan seberapa optimum optimasi yang dilakukan, nilai *fitness* dari masing-masing *stage* pada **Tabel 4.2.** sangat bervariasi. Berapapun *fitness* pada setiap *stage*, pada dasarnya nilai tersebut menunjukkan solusi paling optimum, karena didapatkan setelah optimasi menghasilkan *fitness* yang selalu konstan sepanjang generasi (*steady*) dan *running* berulang-ulang menghasilkan nilai *fitness* maksimum yang sama. Namun dalam GA hasil ini belum tentu diperoleh dari solusi yang sama, karena pencarian solusinya dilakukan secara random.



**Gambar 4.3.** Kurva *fitness* dengan *running* berbeda

Pada **Gambar 4.4.**, meskipun *Running 1* dan *Running 2* menghasilkan solusi aktivitas PM yang sama, tetapi kurva *fitness* dari keduanya memiliki tahap kenaikan yang berbeda. Ketika *Running 1*, nilai *fitness* generasi ke- 1 adalah sebesar 6,1 yang kemudian naik menjadi 7,3 saat generasi ke- 2 hingga ke- 4. Dan *fitness* maksimum akhirnya tercapai saat generasi ke- 5. Sedangkan hasil *Running 2* menunjukkan bahwa pada generasi ke- 1 nilai *fitness* sudah mencapai 7,3 dan berlanjut hingga generasi ke- 2. Kemudian *fitness* maksimum berhasil dicapai ketika generasi ke- 3. Hal ini menunjukkan bahwa parameter GA yang ditentukan mampu menghasilkan nilai *fitness* yang paling maksimum hanya dalam rentang 10 generasi.



**Gambar 4.4.** (a) Kurva *reliability* hasil PM  
 (b) Kurva *fraksi total cost maintenance*  
 (c) Kurva *fitness* hasil optimasi

Pada penelitian ini, nilai *fitness* ditentukan oleh variabel *improvement factor* yang berafiliasi dalam *dynamic reliability model* dan *total cost maintenance* yang kemudian didefinisikan sebagai fraksi *total cost maintenance* untuk masing-masing komponen seperti yang telah dirumuskan oleh persamaan (3.2.). Sehingga pada dasarnya akan ditemui dua variabel penting sebagai penentu nilai *fitness*, yaitu *reliability* sesaat setelah dilakukan PM dan *total cost maintenance* yang dibutuhkan dalam PM tersebut. **Gambar 4.4.** (a) menunjukkan ketercapaian *reliability* setiap komponen dan secara sistem dari hasil *maintenance* atau sesaat setelah dilakukan *maintenance*. Kemudian **Gambar 4.4.** (b) merupakan fraksi *total cost maintenance* yang merepresentasikan *total cost maintenance* yang dibutuhkan masing-masing komponen maupun sistem. Dan **Gambar 4.4.** (c) adalah *fitness* maksimum yang bisa dihasilkan.

Dari **Gambar 4.4.** nampak bahwa dalam menentukan komponen yang harus dilakukan *replacement* maupun *simple repair*, GA tidak serta-merta melihat kondisi penurunan *reliability* komponen ataupun sistem saja. Pada **Gambar 4.4.** (a), meskipun ketercapaian *reliability* komponen *air filter* dari perlakuan *simple repair* terus menurun jauh di bawah komponen lainnya, justru *replacement* tidak dilakukan pada komponen tersebut. Implikasinya bisa dilihat bahwa *reliability* hasil PM secara sistem juga terus mengalami penurunan. Meskipun *replacement* sudah sering dilakukan pada komponen lain, namun tetap tidak mampu meningkatkan *reliability* sistem hasil PM secara signifikan. Hal ini tidak menjadi permasalahan dalam optimasi yang dilakukan, karena *reliability* sistem pada waktu sesaat sebelum dilakukan PM berikutnya masih berada di atas batas minimal yang diperbolehkan, yaitu 0,7 seperti diperlihatkan oleh **Gambar 4.7..**

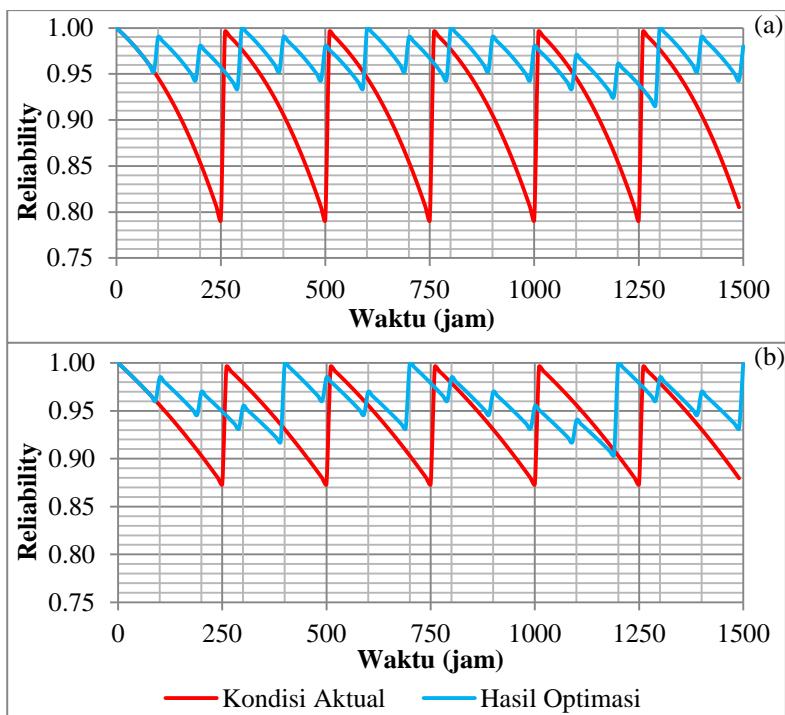
Faktor lain yang menjadi pertimbangan dalam penentuan *replacement* atau *repair* pada masing-masing komponen adalah *total cost maintenance*. Fraksi *total cost maintenance* merupakan rasio antara *maintenance cost* masing-masing komponen maupun

secara sistem terhadap *maintenance cost* maksimum yang mungkin terjadi, yaitu ketika dilakukan penggantian pada semua komponen. Dari **Gambar 4.4. (c)**, nampak bahwa fraksi *total cost maintenance* komponen *air filter* ketika dilakukan *replacement* jauh lebih besar daripada komponen lain. Itu artinya komponen ini mempunyai harga yang jauh lebih mahal dibandingkan komponen lain. Hal ini menjadi alasan kenapa komponen *air filter* terus dilakukan *simple repair* saja dan baru dilakukan *replacement* pada waktu 900 jam. Sementara itu, untuk meningkatkan *reliability* sistem hasil PM, *replacement* harus sering dilakukan pada komponen dengan *total cost maintenance* yang lebih rendah. Artinya, semakin kecil fraksi *total cost maintenance* pada komponen, maka *replacement* akan sering dilakukan padanya untuk meningkatkan *reliability* secara sistem.

Metode GA membaca kondisi yang sedemikian rumit, yaitu petimbangan seberapa besar *reliability* yang bisa dihasilkan dari aktivitas *maintenance* dan *total cost maintenance* yang harus dikeluarkan hanya dengan melihat seberapa besar nilai *fitness* yang dihitung secara sistem. Dengan melihat *reliability* hasil PM dan fraksi *total cost maintenance* sistem dalam **Gambar 4.4. (a)** dan **Gambar 4.4. (b)**, maka dari **Gambar 4.4. (c)** dapat diketahui bahwa nilai *fitness* akan semakin kecil ketika fraksi *total cost maintenance* semakin besar. Artinya, pada saat itu *total cost maintenance* yang dibutuhkan juga semakin besar, karena digunakan untuk meningkatkan *reliability* sistem hasil PM dengan cara mengganti satu atau beberapa komponen.

### 4.3. Reliability

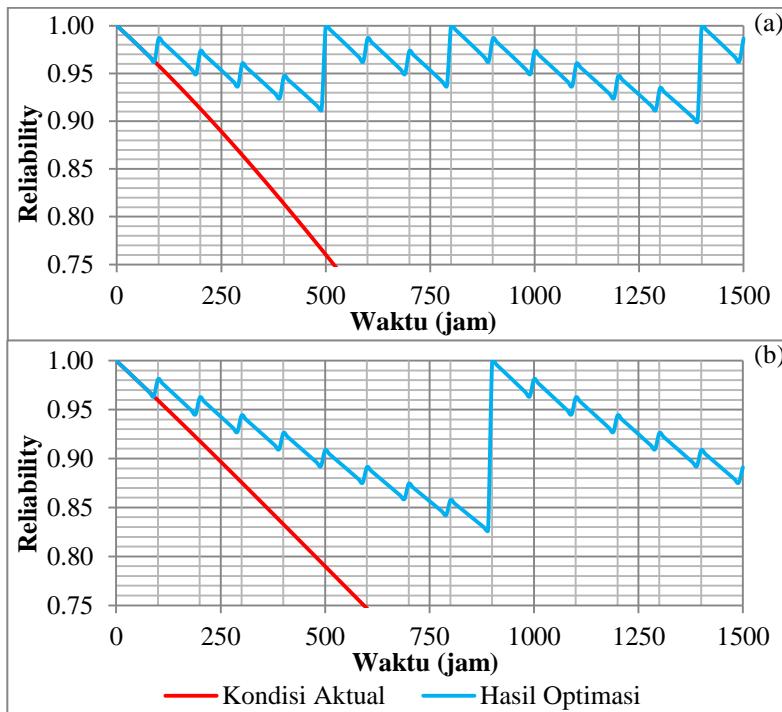
Dengan batas *reliability* sistem sebesar 0,7 berarti *reliability* sistem akan selalu terjaga di atas nilai tersebut, dimana *reliability* komponen akan bervariasi dengan nilai tertentu. Namun secara keseluruhan, optimasi yang dilakukan mampu menghasilkan *reliability* setiap komponen selalu terjaga di atas nilai 0,8. Bahkan *reliability* komponen *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* selalu terjaga di atas 0,9.



**Gambar 4.5.** (a) Kurva *reliability racor fuel filter*  
(b) Kurva *reliability fuel filter separator*

Fakta di lapangan, *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* merupakan dua komponen yang selalu diganti setiap interval PM 250 jam. Strategi tersebut akan menghasilkan *reliability* maksimal, namun setelah 250 jam berikutnya *reliability* turun hingga 0,7917 untuk *racor fuel filter* dan 0,8735 untuk *fuel filter separator* sebelum diganti lagi. Sedangkan dengan penerapan PM hasil optimasi interval 100 jam, nilai *reliability* paling kecil setiap stage PM selalu bervariasi. Namun dalam rentang 1500 jam nilai *reliability* paling kecil untuk *racor fuel filter* adalah 0,9158 sebelum dilakukan PM waktu 1300 jam dan *fuel filter separator* 0,9035 sebelum dilakukan PM waktu 1200 jam.

Sementara itu, pada *coolant filter* dan *air filter* tidak pernah dilakukan PM secara rutin. Sehingga *reliability* keduanya akan terus menurun sampai pada akhirnya diganti setelah komponen tidak dapat digunakan lagi atau saat *reliability* sangat rendah.



**Gambar 4.6.** (a) Kurva *reliability* *coolant filter*  
(b) Kurva *reliability* *air filter*

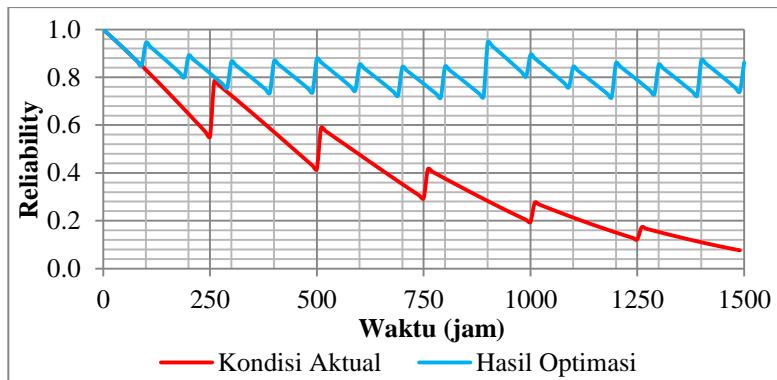
Selanjutnya, setelah dilakukan optimasi PM dengan interval 100 jam, selama rentang waktu 1500 jam *reliability* *coolant filter* dan *air filter* selalu terjaga di atas 0,8. Dengan nilai paling rendah 0,8995 untuk *coolant filter* sebelum dilakukan penggantian komponen pada waktu 1400 jam dan 0,8264 untuk *air filter* sebelum dilakukan penggantian komponen saat 900 jam.

**Tabel 4.3.** Perbandingan *Reliability* Terkecil Selama 1500 jam

Komponen	Reliability Terkecil	
	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi
Racor Fuel Filter	0,7917	0,9158
Fuel Filter Separator	0,8735	0,9035
Coolant Filter	-	0,8995
Air Filter	-	0,8264

Dari **Tabel 4.3.**, dapat diketahui bahwa optimasi mampu menghasilkan nilai *reliability* terkecil setiap komponen selalu lebih besar daripada sebelumnya. Pada dasarnya *reliability* terkecil dari hasil optimasi terjadi sebelum penggantian komponen dengan jarak penggantian yang sangat lama. Berdasarkan **Lampiran B.9.**, *racor fuel filter* mempunyai harga komponen yang paling murah, kemudian diikuti *fuel filter separator*, *coolant filter*, dan *air filter*. Penggantian komponen dengan harga yang mahal akan menghasilkan *fitness* yang kecil. Karena *reliability* yang dihasilkan tetap sama namun *total cost maintenance* yang dibutuhkan menjadi lebih besar. Hal ini kemudian menjadi pertimbangan proses acak dalam *Genetic Algorithm* untuk memperpanjang jarak waktu antar penggantian pada komponen yang lebih mahal harganya. Akibatnya, *reliability* terkecil dari komponen dengan harga mahal akan menjadi paling kecil diantara yang lain, begitu pula sebaliknya.

Dengan mengasumsikan komponen lain dalam unit *shipping pump* pada kondisi *reliability* maksimal setiap waktu, maka analisis secara sistem dapat dilakukan dengan merangkai keempat komponen secara serial. Penyusunan secara serial dikarenakan kerusakan pada salah satu *filter* akan menghentikan proses operasi *shipping pump*. Dengan demikian *reliability* secara sistem dalam keadaan aktual di lapangan akan terus mengalami penurunan sebagai akibat dari tidak diberlakukannya PM pada komponen *coolant filter* dan *air filter*.



**Gambar 4.7.** Kurva *reliability* sistem secara serial

Meskipun *reliability* sistem dalam kondisi aktual sempat terangkat oleh PM 250 yang dilakukan pada *racor fuel filter* dan *fuel filter separator*, namun pada *stage* PM selanjutnya tidak dapat terangkat seperti pada *stage* PM sebelumnya. Hal ini dikarenakan tidak ada PM yang diterapkan pada *coolant filter* dan *air filter*, sehingga *reliability* dari kedua komponen tersebut terus mengalami penurunan dan berdampak pada *reliability* secara sistem.

Sementara itu, dalam rentang 1500 jam, *reliability* sistem setelah dilakukannya optimasi selalu berada di atas nilai 0,7. Dimana sebelum dioptimasi, pada *stage* pertama 250 jam, *reliability* sistem sudah lebih kecil dari 0,6. Secara keseluruhan, *reliability* sistem hasil optimasi paling kecil terjadi saat sebelum dilakukannya PM pada waktu 800 jam, yaitu 0,7151. Nilai tersebut terjadi sebagai dampak penurunan *reliability* komponen *air filter* yang telah lama tidak dilakukan penggantian.

#### 4.4. Total Cost Maintenance

Berdasarkan **Lampiran B.9.**, maka *total cost maintenance* masing-masing komponen selama 1500 jam setelah dilakukannya optimasi dapat dihitung dengan menggunakan hasil kombinasi PM dalam **Tabel 4.2..**

**Tabel 4.4.** Total Cost Maintenance Hasil Optimasi

Interval	Total Cost Maintenance (rupiah)			
	Racor	Fuel	Coolant	Air
<b>100</b>	28.500,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>200</b>	28.500,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>300</b>	308.700,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>400</b>	28.500,-	620.100,-	33.900,-	33.600,-
<b>500</b>	28.500,-	22.200,-	911.100,-	33.600,-
<b>600</b>	308.700,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>700</b>	28.500,-	620.100,-	33.900,-	33.600,-
<b>800</b>	308.700,-	22.200,-	911.100,-	33.600,-
<b>900</b>	28.500,-	22.200,-	33.900,-	2.131.200,-
<b>1000</b>	28.500,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>1100</b>	28.500,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>1200</b>	28.500,-	620.100,-	33.900,-	33.600,-
<b>1300</b>	308.700,-	22.200,-	33.900,-	33.600,-
<b>1400</b>	28.500,-	22.200,-	911.100,-	33.600,-
<b>1500</b>	28.500,-	620.100,-	33.900,-	33.600,-
<b>Total</b>	1.548.300,-	2.724.600,-	3.140.100,-	2.601.600,-
	4.272.900,-		5.741.700,-	
	10.014.600,-			

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam keadaan aktual komponen *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* selalu dilakukan PM berupa penggantian komponen selama 250 jam sekali. Sehingga dalam rentang waktu 1500 jam telah dilakukan penggantian komponen masing-masing sebanyak 6 kali. Dengan mengacu pada **Lampiran B.9.**, itu artinya selama 1500 jam dibutuhkan biaya sebesar Rp. 1.852.200,- untuk *maintenance racor fuel filter* dan Rp. 3.720.600,- untuk *maintenance fuel filter separator*.

Sementara itu, dengan tidak diberlakukannya PM pada *coolant filter* dan *air filter*, maka *total cost maintenance* yang dibutuhkan jika terjadi kerusakan bisa menjadi sangat tinggi. Karena kerusakan hanya akan diketahui ketika *shipping pump* sedang beroperasi. Dan pada saat itu juga, kerusakan akan menghentikan operasi dari *shipping pump*. Meskipun sudah ada *redundant* yang siap menggantikan, namun proses *switch* dari satu unit ke unit lainnya membutuhkan waktu yang cukup lama. Selain itu, beberapa waktu sebelum tidak dapat beroperasi tentunya kinerja dari kedua komponen dalam melakukan tugas *filtering* juga menurun. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kinerja dari *shipping pump* dan penurunan *reliability* atau bahkan kerusakan pada komponen lain. Akibatnya akumulasi dari kerugian yang dialami akan menyebabkan *total cost maintenance* menjadi sangat tinggi.

Dari hasil optimasi, dalam rentang waktu 1500 jam dibutuhkan biaya sebesar Rp. 1.548.300,- dan Rp. 2.724.600,- untuk *maintenance racor fuel filter* dan *fuel filter separator* dengan rincian dilakukan 4 kali penggantian komponen (2P) dan 11 kali perbaikan (1P). Sehingga terdapat selisih Rp. 303.900,- dan Rp. 996.000,- masing-masing untuk biaya *maintenance racor fuel filter* dan *fuel filter separator*. Atau dengan kata lain, hasil optimasi dapat menghemat 16,41% *total cost maintenance racor fuel filter* dan 26,77% *total cost maintenance fuel filter separator* selama 1500 jam. Sementara itu, *total cost maintenance* untuk *coolant filter* dan *air filter* hasil optimasi dapat dipastikan lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi aktual. Karena tidak ada akumulasi biaya lain seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil peneilitan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

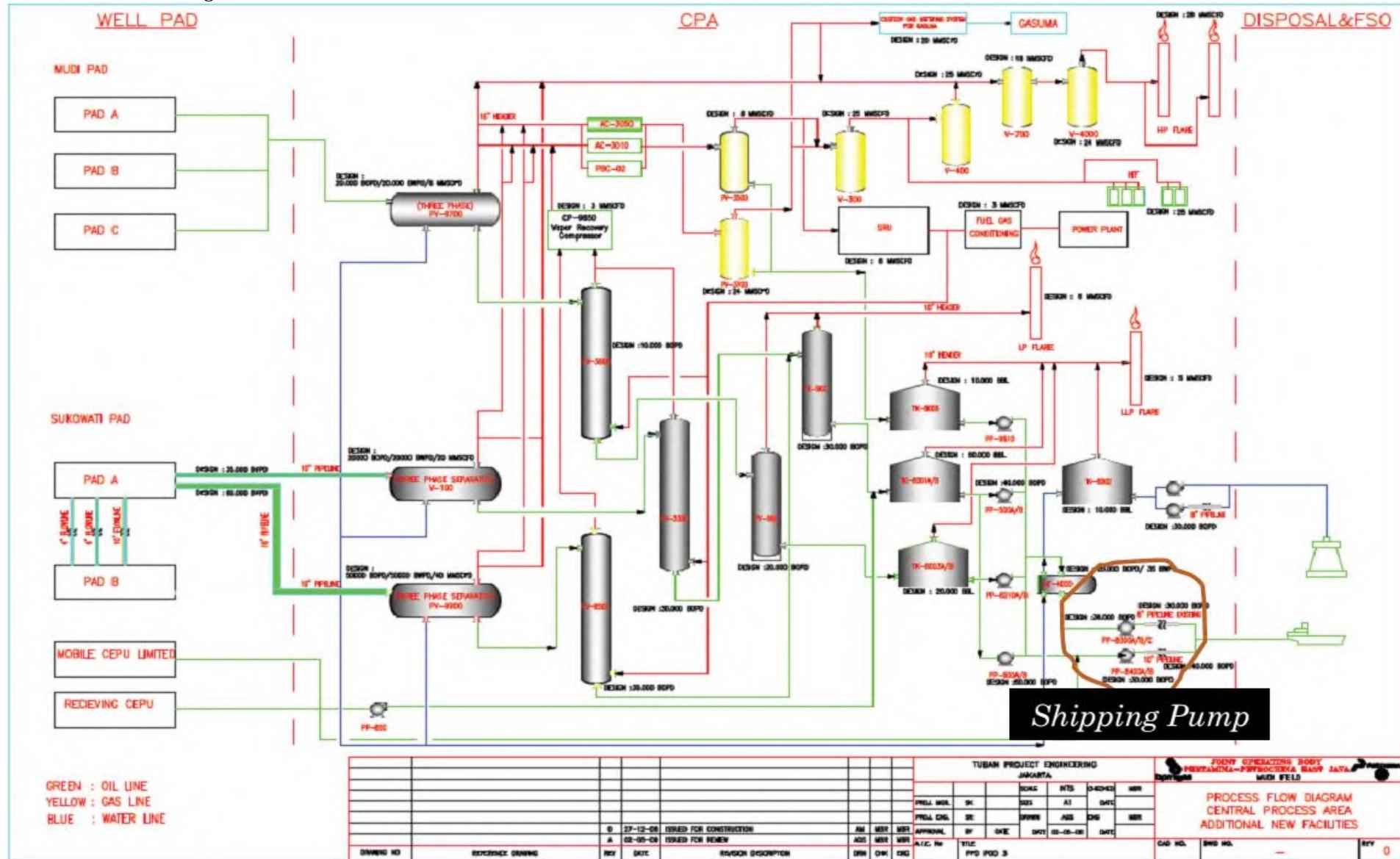
- a. Optimasi PM mampu menghasilkan *reliability* terkecil setiap komponen selama rentang 1500 jam lebih besar dari sebelumnya, yaitu dengan hasil masing-masing 0,9158 untuk *racor fuel filter*, 0,9035 untuk *fuel filter separator*, 0,8995 untuk *coolant filter*, dan 0,8264 untuk *air filter*. Dimana masing-masing nilai *reliability* mengandung arti peluang dari komponen tersebut untuk tetap dapat berfungsi.
- b. Selama rentang 1500 jam, optimasi PM menghasilkan *total cost maintenance* sebesar Rp. 1.548.300,- untuk *racor fuel filter*, Rp. 2.724.600,- untuk *fuel filter separator*, Rp. 3.140.100,- untuk *coolant filter*, dan Rp. 2.601.600,- untuk *air filter*. Dengan demikian perusahaan dapat menghemat 16,41% *total cost maintenance racor fuel filter* dan 26,77% *total cost maintenance fuel filter separator*. Sedangkan *total cost maintenance coolant filter* dan *air filter* bisa dipastikan lebih rendah dari sebelumnya karena tidak ada akumulasi biaya kerusakan komponen lain sebagai akibat tidak dilakukan *maintenance* pada kedua komponen tersebut.
- c. Secara sistem, selama rentang waktu 1500 jam *reliability* hasil optimasi terkecil adalah 0,7151 dengan *total cost maintenance* sebesar Rp. 10.014.600,-. Sementara itu sebelum dilakukan optimasi, *reliability* sistem terus mengalami penurunan dan *total cost maintenance* juga sangat besar sebagai akumulasi dari tidak adanya PM pada *coolant filter* dan *air filter*.

#### **5.2. Saran**

Dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan optimasi PM pada unit yang sama namun dengan memperhatikan aktivitas *maintenance* yang harus dilakukan pada unit lain. Sehingga tidak

ada kerancuan dalam penjadwalan *man power*. Metode optimasi yang digunakan dapat bervariasi, namun penelitian seperti itu membutuhkan teknik *multi objective optimization*.

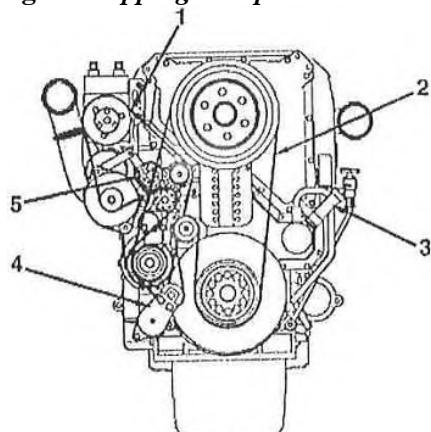
### A.1. Process Flow Diagram



## A.2. *Shipping Pump PP-8400B* di CPA JOB P-PEJ

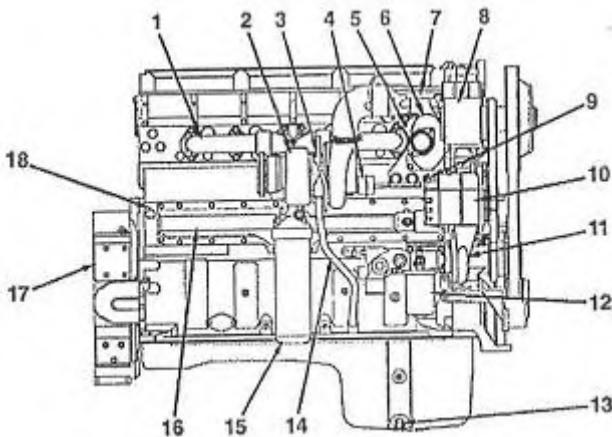


## A.3. Bagian-bagian *Shipping Pump PP-8400B*



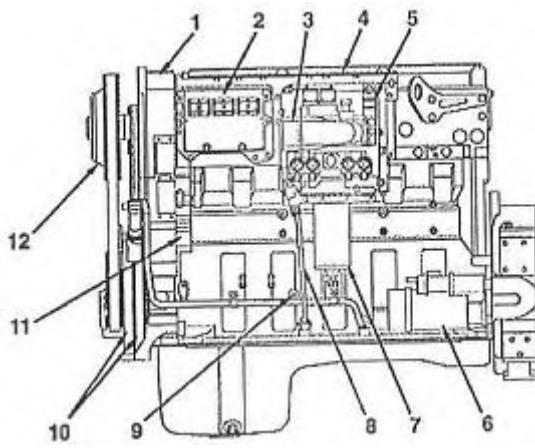
Tampak Depan

1. Accessory drive belt
2. Water pump / fan drive belt
3. Lubricating oil fill
4. Water pump / fan drive belt tensioner
5. Accessory drive belt tensioner



Tampak Samping Kanan

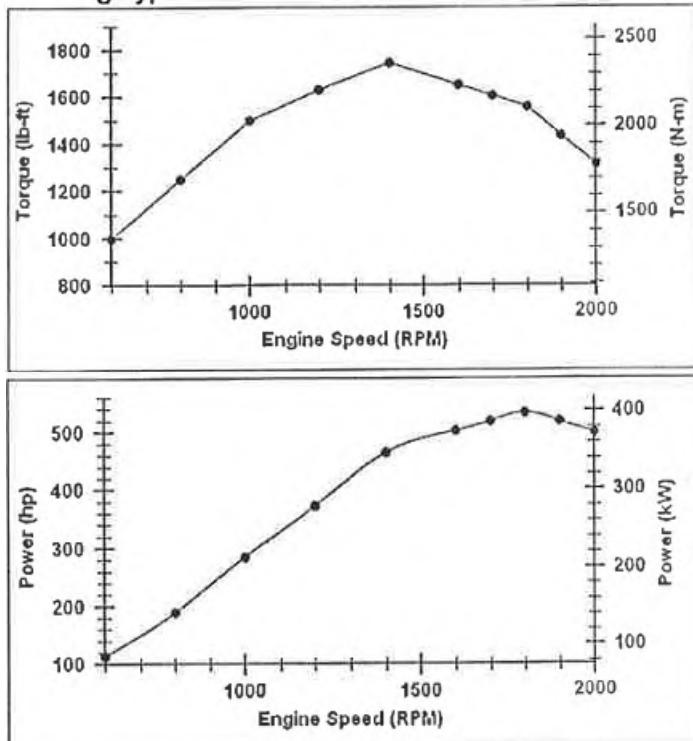
1. *Exhaust manifold*
2. *Turbocharger*
3. *Oil inlet to turbocharger*
4. *Waste gate actuator*
5. *Thermostat housing vent*
6. *Thermostat housing*
7. *Engine coolant outlet (to radiator)*
8. *Freon compressor*
9. *Coolant temperature sensor*
10. *Alternator*
11. *Water pump*
12. *Coolant filter*
13. *Lubricating oil drain*
14. *Turbocharger oil drain*
15. *Combination full-flow / bypass lubricating oil filter*
16. *Lubricating oil cooler assembly*
17. *Flywheel housing*
18. *Engine serial number*



Tampak Samping Kiri

1. *Gear housing*
2. *ECM*
3. *Air intake*
4. *Engine data plate*
5. *Fuel pump*
6. *Starter*
7. *Fuel filter*
8. *Lubricating oil dipstick*
9. *Crankshaft timing pin port*
10. *Vibration dampers*
11. *Barring device / air compressor*
12. *Fan hub*

#### A.4. Design of Engine Performance



#### A.5. Activity Record PP-8400B per 30 September 2013

ITEM	RANGE	UNIT	VALUE
Diesel Engine Speed	-	Rpm	1623
Suct. Pressure	-	Psi	-
Suct. Pressure @ after Strainer	>20	Psi	94
Disch. Pressure	<1500	Psi	1013
Front Bearing Temp.	80 - 150	°F	51
Rear Bearing Temp.	80 - 150	°F	50

### **B.1. Maintenance Activity Record PP-8400B**

<b>DATE</b>	<b>BRIEF ACTIVITIES</b>
3-Jan-2012	Performed PM 250 Hrs at Cummins Engine PP-8400 B
	Replaced Oil engine
5-Jan-2012	Investigated Cummins Engine, due to Engine oil leaking from Threaded Valve
	Lubricating Oil Pan (Will be rectify tomorrow)
6-Jan-2012	Repaired Lubrication Oil Pan Cummins Genset due to crack & leak
	Dismantle the Oil Pan , welding on crack position , penetrant test
	complete installed at field - Done
13-Jan-2012	Added gearbox oil on PP-8400B shipping pump & Checked from oil leaks.
29-Jan-2012	Investigated gearbox problem on PP-8400B shipping pump found the clutch will
	not engaged, planned to remove today.
30-Jan-2012	Removed & dismantled the failed gearbox of PP-8400B shipping pump.
	- in progress repair the clutch.
31-Jan-2012	Continued to repair the clutch of gearbox of PP-8400B shipping pump.
	- Re-assembled & made proper adjustment, ready to install on unit.
1-Feb-2012	Continued to repair the clutch of gearbox of PP-8400B shipping pump.
	- Reinstalled gearbox assy on the unit & re-aligned to pump shaft.
	- Renewed lube oil, running test found OK.

9-Feb-2012	Renewed Racor Filter Shipping pump due to plugged.
	The fuel oil tank need to clean up due to was indication very dirty will be schedule next week
15-Feb-2012	Carried out PM 250 Hrs on 2 unit Genset at CPA area (Cummins & Caterpillar
	Renewed Engine Oil,Fuel filter,Oil filter & air filter
16-Feb-2012	Carried out PM 250 Hrs on 2 unit Genset at CPA area (Cummins & Caterpillar
	Renewed Engine Oil,Fuel filter,Oil filter & air filter - Completed
7-Mar-2012	Performed PM 250 Hrs at Cummin Engine Genset PP-8400-B
	Renewed Oil Engine, clean up Radiator, replaced Racor filter, greasing Cotta
	Gaer box. The engine ready to running.- complete
24-Mar-2012	Performed PM 250 hours at Cummins Engine PP-8400-B as perschedule
	Renewed Oil engine,Fuel filter,oil filter & racor filter - completed
22-Apr-2012	Performed PM 250 hours PP-8400-B as perschedule
	- Renewed Oil engine , Racor Filter, Oil filter
	- Regreasing Collar drive at Cotta Gearbox
6-May-2012	Performed 250Hrs PM on Cummins QSX 15 Engine of Shipping
	- Renewed engine lube oil and clean coolant filter
7-May-2012	Modified Cummins engine PP-8400-B :

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rewelding skid engine due to crack – done</li> <li>- Extend oil fill up line for top up access – done</li> </ul>
28-May-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed Oil Engine &amp; air filter</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed Oil Filter gear box due to leaks</li> </ul>
13-Jun-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clean up Racor and fuel filter at cummins engine PP-8400-B due to plugged</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- After cleaned new filter normal again - completed</li> </ul>
21-Jun-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewed oil seal Cotta Gear Box Cummins Engine Shipping Pump PP-8400-B</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The existing oil seal hard and cracked surrounding area - done</li> </ul>
11-Jul-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 hours at Cummins Engine PP-8400-B</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed Oil engine,fuel filter,oil filter, coolant filter</li> </ul>
15-Aug-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 hours at Cummins Engine of shipping pump PP-8400-B</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed Oil Engine &amp; Racor fuel filter</li> </ul>
22-Aug-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The unit already to used - Done</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checked and investigation Cummins Engine PP-8400-B due to hunting</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clean up Racor fuel filter</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Replaced Fuel filter</li> </ul>
8-Sep-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>- performance test with no load with 1400 RPM is ok - ready to use</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 hours at shipping pump PP-8400B as perschedule</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed oil engine , oil filter and check accessories parameter</li> <li>- Unit engine was continues running and good condition - done</li> </ul>
12-Sep-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparation materials for install cyclone separator at shipping pump</li> <li>- Will be install together with installation enclosure - IP</li> </ul>
17-Sep-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewed Racor filter PP-8400-B due to engine hunting</li> <li>- After replaced racor and fuel filter engine normal again - close case</li> </ul>
21-Sep-2012	Carried out PM 250 Hrs Cummins engine driver of shipping pump 8400B.
7-Oct-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 hours Cummins Engine PP-8400-B as perschedule</li> <li>- Renewed Oilengine,fule/oil, clean &amp; refilled water coolant - done</li> </ul>
20-Oct-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perform 250Hrs PM Cummins Engine of Shipping Pump</li> <li>- Renewed engine oil, racor filter</li> </ul>
23-Oct-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assist instrument team for investigation display of engine PP-8400-B</li> <li>- Display not appears due to lossen of cable connection - IP</li> </ul>
1-Nov-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modified the mechanical seal flush system on PP-8400B shipping pump, by installed cyclone separator ( API Plan 31 ).</li> </ul>
2-Nov-2012	Renewed exhaust bellows on Cummins engine of PP-8400B shipping pump.
6-Nov-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checked and investigated Cummins Engine PP-8400-B due to hunting</li> <li>- Clean up racor filter, clean up fuel tank, and test run engine</li> </ul>

	- Still continues for solve problem at PP-8400-B -
12-Nov-2012	Install Enclosure Cummins engine PP-8400-B
	- Will be continues by tomorrow – IP
	- Installation By PT Panca Nekasa
13-Nov-2012	Continued Install Enclosure Cummins engine PP-8400-B
	-Completed enclosure installation
	- Remaining Job : install sound damper - IP
14-Nov-2012	Continued Install Enclosure Cummins engine PP-8400-B
	-Completed enclosure installation
	- Remaining Job : install sound damper - completed
15-Nov-2012	Continued Install Enclosure Cummins engine PP-8400-B
	Completing works of instatllation enclosure - Done
16-Nov-2012	Take Tools and material ex enclosure PP-8400-B after completing jobs
	- Cleaning area until clear - done
17-Nov-2012	Scheduled for check and investigation Leaks at mechanical seal PP-8400-B
	- Mechanic can't executed this job due to the suction valve passing
18-Nov-2012	Continued for trouble shoot engine hunting of Cummins Engine PP-8400-B
	- Relay of power permisive Engine to PLC loosen so needed replace with new

	- Now Cummins engine normal running - Under monitoring
19-Nov-2012	Check and repair oil pan of Cummins Engine PP-8400-B
	- The oil pan cracked near oil drain
	- Re Weld aonthe craked area and added plate - will be install tomorrow - IP
20-Nov-2012	Reinstall oil pan of Cummins Engine PP-8400-B
	- Completed install at side
	- Test run engine not found leaks at Oil pan.
	- Founded leaks at Filling oil line - dismantle at tomorrow -IP
21-Nov-2012	Running tested Cummins Engine PP-8400B after oil pan repair & modified the drain line found engine overheating.
	Remedy : removed the enclosure panel upper side of silencer & planned to ins tall additional shrouding of radiator.
	- Installed check valves on the drain line cyclone separator of mech seal.
	Fabricated radiator shrouding for Cummins Engine PP-8400B, will be installed tomorrow.
23-Nov-2012	Installed radiator shrouding for Cummins Engine PP-8400B shipping pump.
29-Nov-2012	Check and clean up racor filter PP-8400-B cummins engine
	- the unit was normal running again. - done

14-Dec-2012	Investigated unusual noise on Cummins engine of PP-8400B shipping pump found from waterpump, will be removed today.
15-Dec-2012	Continued to Investigate unusual noise on Cummins engine of PP-8400B ship ping pump found the fan belt is torn, still waiting part.
17-Dec-2012	Renewed fan belt Cummins QSX-15 engine of shipping pump PP-8400B. - also repaired bellows connection leaks, clean air filter & renewed coolant filter.
19-Dec-2012	Removed windows enclosure of cummins engine for remodification by Pancanekasa - Send to PTNawata Surabaya - IP
27-Dec-2012	Performed PM 250 Hrs Cummins engine of shipping pump as perschedule - Complete PM - done - Engine was normal running and good condition
5-Jan-2013	Clean up the orifice of mech seal tubing flushing due to clogged by scale
10-Jan-2013	Performed PM 250 Hrs Cummins Genset QSX-15 of shipping pump - Renewed oil engine, clean up Air filter, oil filter - done
14-Jan-2013	Check and investigation heating of Shipping pump PP-8400-B - Heating at body / casing pump 179 oC , bearing and mech seal still Ok - will be trial test for mech run by tomorrow - IP

	Mechanical test run of shipping pump PP-8400-B
15-Jan-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The pump still good operation / performance</li> <li>- Repainting casing pump after high temp - done</li> <li>- Remaining job reposition display panel out from enclosure - IP</li> </ul>
18-Jan-2013	<p>Rectify expansion bellows of exhaust Cummins Engine QSX-15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed expansion bellows (warranty from vendor) - done</li> </ul>
23-Jan-2013	<p>Investigated the engine panel problem on PP-8400B shipping pump, found only the LCD malfunction. safety device &amp; other control still good condition.</p>
24-Jan-2013	<p>Investigated the engine panel problem on PP-8400B shipping pump, Function test PSLL &amp; PSHH Suction &amp; Disch Pump</p>
25-Jan-2013	Close monitoring the operation of engine driver of PP-8400B shipping pump.
10-Feb-2013	Replaced Racor filter and fuel filter at PP-8400-B due to hunting - Done
26-Feb-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewed Centrak display panel of Cummins engine QSX-15</li> <li>-Renewed Cantrak display panel</li> <li>-Performance test safety devices</li> <li>-Engine back to normal running again - Done</li> </ul>
27-Feb-2013	<p>Improve of Cantrak display panel of Cummins engine QSX-15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Modification cover display panel for avoid rain water - IP</li> </ul>

	Performed PM 250 Hrs Cummins QSX15 of shipping pump engine driver
28-Feb-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Complete PM (renewed oil engine, oil/fuel/racor filter)</li> <li>- Founded Cotta gear box any problem, will rectify at tomorrow - IP</li> </ul>
1-Mar-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Check and inspected the Cotta gear box due to twin disc clutch damage</li> <li>-Renewed shaft seal front and rear side, oil engine , Clutch.</li> <li>-The engine was normal running again - Done</li> </ul>
3-Mar-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clean up enclosure of shipping pump PP-8400-B</li> <li>-Cleaning until clear all enclosure cummins engine</li> </ul>
7-Mar-2013	Dismantled & cleaned Cotta clutch assy Ex PP-8400B at Mech shop.
15-Mar-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 Hrs of Cummins Engine QSX-15 as per schedule</li> <li>-Renewed Oil engine , Racor filter, Oil filter - done</li> <li>-The engine was continues running with smooth</li> </ul>
30-Mar-2013	Together w/ HSE Measured noise level around PP-8400B shipping pump.
31-Mar-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carried out PM 250 Hrs on Cummins QSX-15 engine driver of PP-8400B.</li> <li>- renewed engine oil, oil filter, fuel filter &amp; Racor filter.</li> </ul>
8-Apr-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250 hours Cummins Engine Shipping pump PP-8400-B</li> <li>- Renewed Oil engine , Racor,Fuel, Oil, Coolant Filter, &amp; Air Filter - Done</li> </ul>
18-Apr-2013	Removed gearbox, clutch assy & engine oil pan of PP-8400B shipping pump.

	- will be remedied the oil leaks & repaired the worn ring gear.
19-Apr-2013	Continued to repair gearbox of PP-8400B shipping pump, cleaning parts.
	- repaired the worn ring gear to Tjokro Bersaudara shop.
20-Apr-2013	Continued to repair gearbox of PP-8400B shipping pump, cleaning parts.
	- Repair the leaks oil carter after colour leak test
21-Apr-2013	Continued to repair gearbox of PP-8400B shipping pump, cleaning parts.
	- Install oil carter and refill for engine lube oil
26-Apr-2013	Reinstall Cotta Gear box on skid
	- Install the ring gear and realign
27-Apr-2013	Reinstall Cotta Gear box on skid
	- Remodified the leaks carter gasket
6-May-2013	Repaired air leaks from turbo connection hose of Cummins engine 8400B.
21-May-2013	Solve the broken hose of Cummins QSX15 Engine
	- Modified, and reinforced the temporary instelled hose
22-May-2013	Solve the fail Genset of Sumber
	- Dismantle the generator, prepare to repair the loosen pulley
27-May-2013	Remedied excessive heat on exhaust Cummins engine of PP-8400B shipping
	pump by renewed turbocharger & ducting hose.

31-May-2013	Carried out Pm 250 Hrs on Cummins engine driver of PP-8400B shipp pump
5-Jun-2013	Performed D-Check 6000Hrs Maintenance of Cummins Engine QSX15
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed the water pump, and all 6 injectors, set valve clearance</li> <li>- Performance test the engine found good, continue renew fuel pump tomorrow</li> </ul>
6-Jun-2013	Performed D-Check 6000Hrs Maintenance of Cummins Engine QSX15
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renewed the fuel pump and system recalibrate</li> <li>- Performance test the engine found turbo still glowing</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performed PM 250-Hrs as perschedule of Cummins QSX-15 Shipping Pump</li> <li>-Renewed oil engine only – done</li> </ul>
22-Jun-2013	Commissioning New silencer on PP-8400B shipping pump.
3-Jul-2013	Remedy to check After Cooler of Cummins engine of shipping
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Check and clean up after cooler, found the hose likely to snap</li> </ul>
6-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connect the related sensor interconnect with engine Cummins QSX15</li> </ul>
7-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completion for panel control and wiring</li> </ul>
8-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completion for panel control and wiring</li> </ul>

9-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump - Completion for panel control and wiring
10-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump - Awaiting for final connection to Rpm and gas supply ready to commissioning
11-Jul-2013	Assist PSI Technician to perform Bi-Fuel Conversion on Shipping Pump - final check & repaired leaks from connections. Renewed the leaks air intake hose of Cummins Engine QSX15 Assist PT. PSI Technician to perform Pre Test engine
30-Jul-2013	Accompanied PT. PSI to installed Bifuel gas train on Shipping pumps. Carried out PM 250 Hrs on 2 unit Diesel shipping pumps as per schedule. - repaired speed control lever.
31-Jul-2013	Accompanied PT. PSI to installed Bifuel gas train on Shipping pumps, continued w/ commissioning in progress.
1-Aug-2013	Installed regulator on scrubber gas inlet for 2 unit bifuel system of Shipping pump 8300C and 8400B, in progress.
2-Aug-2013	Leak test on gas train, commissioning and running with load on both pump 8300C and 8400B, temperature cylinder and exhaust found normal
3-Aug-2013	Monitoring Bifuel operation on 2 unit Diesel shipping pumps.

6-Aug-2013	Remedied speed adjuster malfunction on Cummins QSX-15 shipping pump. - renew Racor filter & clean up fuel filter
9-Aug-2013	Prepare for renew coupling and planetary gear of Cummins QSX 15 engine - Prepare the disc clutch and oil seal
13-Aug-2013	Performed 250Hrs PM on Cummins QSX15 Engine of Shipping - Renewed lube oil and intake air hose - Dismantle gear box to replace clutch assy and planet gear - Renewed oil seal bear box, reassemble and plan to install tomorrow
14-Aug-2013	Continue to conduct Gear Box Replacement - Install coupling planet gear, install the gear box - Realign the gear box to pump, test run found normal
15-Aug-2013	Repaired exhaust bellows & aftercooler hose connection on Cummins QSX-15 engine of shipping pump PP-8400B.
23-Aug-2013	Replace the crack air intake hose of Cummins QSX15
29-Aug-2013	Performed 250Hrs PM on Cummins engine QSX15 - Renewed engine lube oil - Renewed gas filter with ex. Deutz
30-Aug-2013	Performed 250Hrs PM on Cummins engine QSX15

	- Renewed the leaks air intake hose, restart found normal
4-Sep-2013	Assist Comap technician to perform gen. check on Bi-Fuel System
	- Renewed the fail temp. sensor, speed sensor & gas valve actuator
5-Sep-2013	Continued to Assist Comap technician perform gen. check on Bi-Fuel System
	- Renewed the fail thermocouple, speed sensor & gas valve actuator
9-Sep-2013	Solving Bifuel system intermittent on PP-8400B shipping pump. Also repositi oned speed sensor.
10-Sep-2013	Continued Solving Bifuel system intermittent on PP-8400B shipping pump, and performed PM 250 Hrs with NG-Lube oil.
11-Sep-2013	Continued Solving Bifuel system intermittent on PP-8400B shipping pump, Readjusted gas regulator.
20-Sep-2013	Carried out PM 250 Hrs on Cummins QSX-15 engine driver of PP-8400B. - renewed engine oil & oil filter
25-Sep-2013	Replace the fuel filter of Cummins engine QSX15 of shipping due to low pressure Fill up oil gearbox & oil engine

## B.2. Maintenance Activity Record Terpilih

### ➤ Racor fuel filter

DATE	BRIEF ACTIVITIES	MAN POWER
9-Feb-2012	Renewed Racor Filter Shipping pump due to plugged.	2
	The fuel oil tank need to clean up due to was indication very dirty will be schedule next week	
13-Jun-2012	Clean up Racor filter and fuel filter at cummins engine PP-8400-B due to plugged - After cleaned new filter normal again – completed	3
	Checked and investigation Cummins Engine PP-8400-B due to hunting - Clean up Racor fuel filter - Replaced Fuel filter - performance test with no load with 1400 RPM is ok - ready to use	
22-Aug-2012	Renewed Racor filter PP-8400-B due to engine hunting - After replaced racor and fuel filter engine normal again - close case	2
	Checked and investigated Cummins Engine PP-8400-B due to hunting - Clean up racor filter	
6-Nov-2012	Check and clean up racor filter PP-8400-B cummins engine - the unit was normal running again. – done	4
	Replaced Racor filter and fuel filter at PP-8400-B due to hunting - Done	
5-Aug-2013	Remedied speed adjuster malfunction on Cummins QSX-15 shipping pump. - renew Racor filter & clean up fuel filter	2

➤ *Fuel filter separator*

DATE	BRIEF ACTIVITIES	MAN POWER
13-Jun-2012	Clean up Racor and <b>fuel filter</b> at cummins engine PP-8400-B due to plused - After cleaned new filter normal again – completed	3
22-Aug-2012	Checked and investigation Cummins Engine PP-8400-B due to hunting	2
	- Clean up Racor fuel filter	
	- Replaced <b>Fuel filter</b>	
	- performance test with no load with 1400 RPM is ok - ready to use	
10-Feb-2013	Replaced Racor filter and <b>fuel filter</b> at PP-8400-B due to hunting - Done	1
6-Aug-2013	Remedied speed adjuster malfunction on Cummins QSX-15 shipping pump.	2
	- renew Racor filter & clean up <b>fuel filter</b>	
25-Sep-2013	Replace the <b>fuel filter</b> of Cummins engine QSX15 of shipping due to low pressure	3
	Fill up oil gearbox & oil engine	

➤ *Coolant filter*

DATE	BRIEF ACTIVITIES	MAN POWER
6-May-2012	Renewed Oil engine Lub. Oil & clean <b>Coolant Filter</b> – Done	2
11-Jul-2012	Renewed Oil engine, oil filter, coolant filter	4
7-Oct-2012	Renewed Oil engine, oil filter, clean & refilled water coolant – done	4
17-Dec-2012	Renewed fan belt Cummins QSX-15 engine of shipping pump PP-8400B.	2
	- also repaired bellows connection leaks, clean air filter & renewed <b>coolant filter</b>	
8-Apr-2013	- Renewed Oil engine , Racor,Fuel, Oil, <b>Coolant Filter</b> , & Air Filter - Done	2

➤ *Air filter*

DATE	BRIEF ACTIVITIES	MAN POWER
15-Feb-2012	Renewed Engine Oil, Oil filter & air filter – Completed	4
28-May-2012	Renewed Oil Engine & air filter	3
17-Dec-2012	Renewed fan belt Cummins QSX-15 engine of shipping pump PP-8400B.	2
	- also repaired bellows connection leaks, clean air filter & renewed coolant filter	
10-Jan-2013	Renewed oil engine, clean up Air filter & oil filter – done	3
8-Apr-2013	Renewed Oil engine , Racor,Fuel, Oil, Coolant Filter, & Air Filter - Done	2

### B.3. Running Hours

Date	Time-1		Time-2		Time-3		Time-4		HRS				TOTAL	Preview HRS	NOTE
	From	To	From	To	From	To	From	To	(# 1)	(# 2)	(# 3)	(# 4)	(1,2,3,4)		
1-Jan-12									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
2-Jan-12									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
3-Jan-12			9:35	10:15					0.00	0.67	0.00	0.00	0.67	23.33	(09:35)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
4-Jan-12									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
5-Jan-12	14:40	0:00							9.33	0.00	0.00	0.00	9.33	14.67	(14:40)PP-8400 B due to lubrication oil pan leaks.
6-Jan-12		8:36	8:50	0:00					8.60	15.17	0.00	0.00	23.77	0.23	Repair
7-Jan-12	0:00	0:00							24.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	Continued Standby
8-Jan-12	0:00	0:00							24.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	Continued Standby
9-Jan-12	0:00	0:00							24.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	Continued Standby
10-Jan-12	0:00	0:00							24.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	Continued Standby
11-Jan-12		2:25							2.4	0.0	0.0	0.0	2.4	21.58	
12-Jan-12									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Jan-12	20:10	21:30							1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	22.67	(20:10)Stop PP-8400 B for oil gear box.
14-Jan-12									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Jan-12									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Jan-12	23:15	0:00							0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.25	(23:15)Manual stop PP-8400 B Standby
17-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-Jan-12	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Jan-12		8:55							8.9	0.0	0.0	0.0	8.9	15.08	

29-Jan-12	2:55	0:00						21.1	0.0	0.0	0.0	21.1	2.92	(02:55)Clutch not engaged
30-Jan-12		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Repair
31-Jan-12		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Repair
1-Feb-12		13:20	17:45	0:00				13.3	6.3	0.0	0.0	19.6	4.42	(17:45)Manual stop PP-8400 B Standby
2-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Feb-12		7:00						7.0	0.0	0.0	0.0	7.0	17.00	
9-Feb-12	16:40	17:25	22:20	0:00				0.8	1.7	0.0	0.0	2.4	21.58	(16:40)Stop PP-8400 B due to replaced racor filter
10-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
14-Feb-12		14:55						14.9	0.0	0.0	0.0	14.9	9.08	
15-Feb-12	9:25	0:00						14.6	0.0	0.0	0.0	14.6	9.42	(09:25)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
16-Feb-12	0:00	7:00						7.0	0.0	0.0	0.0	7.0	17.00	
17-Feb-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
18-Feb-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Feb-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Feb-12	16:45	0:00						7.3	0.0	0.0	0.0	7.3	16.75	(16:45)Manual stop PP-8400 B Standby
21-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Feb-12		10:43						10.7	0.0	0.0	0.0	10.7	13.28	
25-Feb-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Feb-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Feb-12	22:10	0:00						1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	22.17	(22:10)Manual stop PP-8400 B Standby

28-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Feb-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
1-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
2-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Mar-12		19:50						19.8	0.0	0.0	0.0	19.8	4.17	
4-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
6-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
7-Mar-12	8:25	9:35	13:26	15:48				1.2	2.4	0.0	0.0	3.5	20.47	(08:25)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule (13:26)Cleaning Radiator & gearising gearbox
8-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
9-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Mar-12	19:05	0:00						4.9	0.0	0.0	0.0	4.9	19.08	(19:05)Manual stop PP-8400 B Standby
14-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
15-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
16-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Mar-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Mar-12		14:15						14.3	0.0	0.0	0.0	14.3	9.75	
19-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-Mar-12	8:15	8:35						0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	23.67	(08:15)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
25-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	

29-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-Mar-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Apr-12	16:45	0:00						7.3	0.0	0.0	0.0	7.3	16.75	(16:45)Manual stop PP-8400 B Standby
3-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-Apr-12		7:50						7.8	0.0	0.0	0.0	7.8	16.17	
14-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Apr-12			15:50	0:00				0.0	8.2	0.0	0.0	8.2	15.83	(15:50)Manual stop PP-8400 B Standby
16-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-Apr-12		19:35						19.6	0.0	0.0	0.0	19.6	4.42	
22-Apr-12	9:05	13:35						4.5	0.0	0.0	0.0	4.5	19.50	(09:05)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule & gearising gearbox
23-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Apr-12			7:30	0:00				0.0	16.5	0.0	0.0	16.5	7.50	(07:30)Manual stop PP-8400 B Standby

28-Apr-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Apr-12		21:22						21.4	0.0	0.0	0.0	21.4	2.63	
30-Apr-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
6-May-12	8:15	9:45						1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	22.50	(08:15)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule & clean coolant filter
7-May-12	10:30	14:33						4.1	0.0	0.0	0.0	4.1	19.95	(10:30)Automatic stop due to injection pump fail
8-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
9-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-May-12	0:15	1:47						1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	22.47	(00:15)Automatic stop PP-8400 B due to PSLL discharge active
15-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-May-12	4:35	0:00						19.4	0.0	0.0	0.0	19.4	4.58	(04:35)Manual stop PP-8400 B Standby
18-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-May-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-May-12		20:05						20.1	0.0	0.0	0.0	20.1	3.92	

28-May-12	7:25	8:49						1.4	0.0	0.0	0.0	1.4	22.60	(07:25)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
29-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-May-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-May-12	15:35	0:00						8.4	0.0	0.0	0.0	8.4	15.58	(15:35)Manual stop PP-8400 B Standby
1-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
2-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-Jun-12		3:00						3.0	0.0	0.0	0.0	3.0	21.00	
13-Jun-12	11:28	13:25						2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	22.05	(11:28)Clean up Racor and fuel filter PP-8400-B due to hunting
14-Jun-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Jun-12	16:50	0:00						7.2	0.0	0.0	0.0	7.2	16.83	(16:50)Automatic stop PP-8400 B due to PSLL discharge active & continued standby
16-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Jun-12		10:05						10.1	0.0	0.0	0.0	10.1	13.92	
21-Jun-12	12:35	13:50						1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	22.75	(12:35)Manual stop to add oil seal
22-Jun-12	17:47	0:00						6.2	0.0	0.0	0.0	6.2	17.78	(17:47)Manual stop to standby
23-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby

27-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
30-Jun-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
1-Jul-12		11:25						11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	12.58	
2-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Jul-12	3:44	0:00						20.3	0.0	0.0	0.0	20.3	3.73	(03:44)Manual stop to standby
4-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Jul-12		13:10						13.2	0.0	0.0	0.0	13.2	10.83	
11-Jul-12	8:13	8:44						0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.48	(08:13)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
12-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Jul-12	3:30	0:00						20.5	0.0	0.0	0.0	20.5	3.50	(03:30)Manual stop to standby
18-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby

27-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Jul-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Jul-12		9:23						9.4	0.0	0.0	0.0	9.4	14.62	
30-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-Jul-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-Aug-12	7:30	8:15						0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.25	(07:30)Automatic stop PP-8400 B due to PSLL discharge active
2-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Aug-12	9:05	0:00						14.9	0.0	0.0	0.0	14.9	9.08	(09:05)Manual stop to standby
4-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Aug-12		23:22						23.4	0.0	0.0	0.0	23.4	0.63	
10-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Aug-12	20:30	0:00						3.5	0.0	0.0	0.0	3.5	20.50	(20:30)Manual stop to standby
12-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
14-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
15-Aug-12		7:00	7:15	9:00	23:19	0:00		7.0	1.8	0.7	0.0	9.4	14.57	(7:15)Manual stop due to PM (23:19)Manual stop to standby
16-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Aug-12		8:25						8.4	0.0	0.0	0.0	8.4	15.58	
20-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Aug-12	12:10	13:30						1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	22.67	(09:10)Manual stop clean up racor filter & replace fuel filter due to hunting
23-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	

26-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Aug-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Aug-12	14:50	0:00						9.2	0.0	0.0	0.0	9.2	14.83	(14:50)Manual stop due to <b>standby</b>
29-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
30-Aug-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
31-Aug-12		13:35						13.6	0.0	0.0	0.0	13.6	10.42	
1-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Sep-12	11:20	0:00						12.7	0.0	0.0	0.0	12.7	11.33	(11:20)Automatic stop PP-8400 B due to <b>PSLL discharge active</b>
4-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
5-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
6-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
7-Sep-12		11:24						11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	12.60	
8-Sep-12	17:40	18:15						0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	23.42	(17:40)Manual stop due to <b>PM</b>
9-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Sep-12	8:00	8:30						0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.50	(08:00)Manual stop due to <b>replace racor filter</b>
18-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Sep-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Sep-12	13:25	0:00						10.6	0.0	0.0	0.0	10.6	13.42	(13:25)Manual stop due to <b>engine driver problem</b>
22-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Repair & Continued <b>Standby</b>
23-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>
24-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued <b>Standby</b>

25-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Sep-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
30-Sep-12		20:15						20.3	0.0	0.0	0.0	20.3	3.75	
1-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
6-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
7-Oct-12	7:15	8:00						0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.25	(7:15)Manual stop due to PM & refilled water coolant
8-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
9-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
18-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Oct-12	8:25	9:05						0.7	0.0	0.0	0.0	0.7	23.33	(08:25)Manual stop due to PM
21-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-Oct-12	8:33	12:00						3.5	0.0	0.0	0.0	3.5	20.55	(08:33)Manual stop due to loosen of cable connection instrument
24-Oct-12	2:55	0:00						21.1	0.0	0.0	0.0	21.1	2.92	(02:55)Manual stop to standby

25-Oct-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Oct-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-Oct-12		19:15						19.3	0.0	0.0	0.0	19.3	4.75	
28-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-Oct-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-Nov-12	15:40	0:00						8.3	0.0	0.0	0.0	8.3	15.67	(15:40)Manual stop due to instal cyclone separator
2-Nov-12	16:50	20:20						3.5	0.0	0.0	0.0	3.5	20.50	(15:40)Manual stop due to replace exhaust bellow
3-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
6-Nov-12	16:05	17:00						0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	23.08	(16:05)Manual stop due to clean up racor filter & clean up fuel tank
7-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
8-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
9-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Nov-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Nov-12	11:23	0:00						12.6	0.0	0.0	0.0	12.6	11.38	Instal Enclosure
13-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby & Instal Enclosure
14-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby & Instal Enclosure
15-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby & Instal Enclosure
16-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby & Instal Enclosure
17-Nov-12		15:15	17:47	0:00				15.3	6.2	0.0	0.0	21.5	2.53	(17:47)Manual stop due to suction valve passing
18-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued troubleshoot & found relay of power permisive engine to PLC loosen
19-Nov-12		11:45	13:00	0:00				11.8	11.0	0.0	0.0	22.8	1.25	(13:00)Manual stop, repair oil pan due to leaks
20-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued repair
21-Nov-12		9:39	10:20	0:00				9.7	13.7	0.0	0.0	23.3	0.68	Run Test but (10:20)Drain valve problem and replace & found radiator problem too
22-Nov-12	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Nov-12		12:45						12.8	0.0	0.0	0.0	12.8	11.25	Instal radiator and OK (12:45)Running normal

24-Nov-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Nov-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Nov-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Nov-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Nov-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Nov-12	12:20	13:35					1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	22.75	(12:20)Manual stop due to clean up racor filter
30-Nov-12	7:40	0:00					16.3	0.0	0.0	0.0	16.3	7.67	(07:40)Automatic stop PP-8400 B due to PSLL discharge active & Continued Standby
1-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
2-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
14-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
15-Dec-12	0:00	0:00					24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
16-Dec-12		16:17					16.3	0.0	0.0	0.0	16.3	7.72	
17-Dec-12	9:22	11:49					2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	21.55	(09:22)Manual stop due to renewed fan belt & clean air filter & coolant filter & continued standby
18-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-Dec-12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	

24-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Dec-12	9:25	10:14						0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.18	(09:25)Manual stop due to PM
28-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-Dec-12								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-Jan-2013	18:00	18:20	20:15	21:00	21:50	0:00		0.33	0.75	2.17	0.00	3.25	20.75	(18:10)Automatic stop PP-8400 B due to PSLL discharge active (20:15)Manuall stop PP-8400 B due to replaced fuel filter (21:50)Manual stop PP-8400 B Standby
2-Jan-2013		18:30						18.50	0.00	0.00	0.00	18.50	5.50	(18:30)Start PP-8400 B Oil rate: 42000 bpd/ 10 ppm / Scav 18 gpd
3-Jan-2013								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
4-Jan-2013								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
5-Jan-2013	14:50	15:30						0.67	0.00	0.00	0.00	0.67	23.33	(14:50)Manualy Stop PP-8400 B (Clean up Cooling sistem)
6-Jan-2013								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	
7-Jan-2013	17:15	0:00						6.75	0.00	0.00	0.00	6.75	17.25	(17:15)PP-8400 B due to display broken.
8-Jan-2013		14:50						14.83	0.00	0.00	0.00	14.83	9.17	
9-Jan-2013	16:45	17:00	20:15	0:00				0.25	3.75	0.00	0.00	4.00	20.00	(16:45)Stop PP-8400 B for replace fuel filter (20:15)Stop PP-8400 B for decreased oil rate
10-Jan-2013		0:20	9:30	10:15				0.33	0.75	0.00	0.00	1.08	22.92	(09:30)Manual stop PP-8400 B for PM Schedule
11-Jan-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Jan-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Jan-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Jan-2013	9:45	0:00						14.3	0.0	0.0	0.0	14.3	9.75	(09:45)PSLL 8438 active (PP-8400 B down)
15-Jan-2013		8:30	9:00	0:00				8.5	15.0	0.0	0.0	23.5	0.50	08:30 Re-start PP-8400 B + PP-600 A. Check pump (OK) (09:00)Standby
16-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby

21-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Jan-2013		16:15						16.3	0.0	0.0	0.0	16.3	7.75	
26-Jan-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Jan-2013	5:10	0:00						18.8	0.0	0.0	0.0	18.8	5.17	(05:10)Manual stop PP-8400 B Standby
28-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Jan-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	(00:00)Clutch not engaged
30-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	
31-Jan-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	
1-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Clutch OK
2-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Feb-2013		9:00	16:05	0:00				9.0	7.9	0.0	0.0	16.9	7.08	(16:05)Stop PP-8400 B
7-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-Feb-2013		0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Feb-2013		7:00	16:45	18:00				7.0	1.3	0.0	0.0	8.3	15.75	(16:45)Stop PP-8400 B due to replaced racor & fuell filter
11-Feb-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Feb-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	(00:00)Standby
14-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
15-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
16-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Feb-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby

20-Feb-2013		9:00	11:15	0:00					9.0	12.8	0.0	0.0	21.8	2.25	(11:15)Manual Stop PP-8400 B for Standby
21-Feb-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Feb-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Feb-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Feb-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Feb-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Feb-2013			10:30						0.0	10.5	0.0	0.0	10.5	13.50	(09:00)Install new modul monitor at PP-8400 B and test running OK (10:30)Start PP-8400 B
27-Feb-2013	22:10	22:30		0:00					0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	23.67	(22:10)PP-8400 B down due to PSLL-8438 active
28-Feb-2013	10:30	15:00	16:10	0:00					4.5	7.8	0.0	0.0	12.3	11.67	(10:30)Manuall stop PP-8400 and PP-600 A (16:10)Manuall stop PP-8400 (still problem at slut).
1-Mar-2013		18:05							18.1	0.0	0.0	0.0	18.1	5.92	(18.05)Start PP-8400 B and PP-600 B,
2-Mar-2013	0:05	0:00							23.9	0.0	0.0	0.0	23.9	0.08	(00.05)Manual stop PP-8400 B + PP-600 B
3-Mar-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Mar-2013		14:35	19:50	0:00					14.6	4.2	0.0	0.0	18.8	5.25	(14:35)Start PP-8400 B with 1720 RPM (19:50)Start PP-500 D and PP-8300 C, stop PP-600 B and PP-8400 B
5-Mar-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-Mar-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Mar-2013	0:00	0:00							24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Mar-2013	0:00	12:30							12.5	0.0	0.0	0.0	12.5	11.50	(12:30)Start PP-600 B and PP-8400 B
9-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Mar-2013	18:10	18:25							0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	23.75	(18:10)Automatic stop PP-8400 B (psll active) Stop MMU 2/3
11-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Mar-2013	14:20	14:35							0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	23.75	(14:20)Stop PP-8400 B due to add lub oil engine
14-Mar-2013	21:05	21:25							0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	23.67	(21:05)Stop PP-8400 B due to add lub oil gear box
15-Mar-2013	5:40	8:40	13:58	14:40					3.0	0.7	0.0	0.0	3.7	20.30	(05.40)Start PP-510 A spm 58 and stop PP-8400 B (13.58)Stop PP-8400 B due to change lube oil engine
16-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Mar-2013	9:35	9:43	20:15	20:50					0.1	0.6	0.0	0.0	0.7	23.28	(09:35)PP-8400 down due to PLN trip (20:15)Stop PP-8400 B due to add lub oil gear box
18-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Mar-2013									0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	

20-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-Mar-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-Mar-2013	8:55	9:45						0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.17	(08:55)Stop PP-8400 B due to PM, Scav 491 Gpd (300 PPM)
1-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
6-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
7-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
8-Apr-2013	14:10	15:47						1.6	0.0	0.0	0.0	1.6	22.38	(14:10)Manually stop PP-8400B due to PM & Replace Coolant & Air Filter
9-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
10-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Apr-2013	16:15	20:05						3.8	0.0	0.0	0.0	3.8	20.17	(16:15)Stop PP-8400 B due to Exhaust flexible hose and gear box get leaking
12-Apr-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Apr-2013	11:30	0:00						12.5	0.0	0.0	0.0	12.5	11.50	(11:30)Manually stop PP-8400 B and Start PP-8300 B, oil rate 43000 Bpd, scav. 226 Gpd/ 125 PPM
14-Apr-2013		9:50						9.8	0.0	0.0	0.0	9.8	14.17	(09:50)Start PP-8400 B
15-Apr-2013			16:05	16:15				0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	23.83	(16:05)ESD Active, SRU divert; PP-1150 A/C + PP- 1160 A + CP-1170 B/D down
16-Apr-2013	15:30	15:40	15:50	0:00				0.2	8.2	0.0	0.0	8.3	15.67	(15:30)Automatic down PP-8400 A/B due to low press active (fault indicator) (15:50)Manually stop PP- 510 A/B + PP-8400 B, oil rate 49800 Bpd, scav 209

														Gpd/ 100 PPM
17-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
24-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
25-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
30-Apr-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
1-May-2013		9:05	19:45	0:00				9.1	4.3	0.0	0.0	13.3	10.67	(19:45)Stop PP-8400 B, Start PP-8400 A due to turbo charger high temp (878 degree celcius)
2-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
6-May-2013		10:35	14:10	14:25	16:55	0:00		10.6	0.2	7.1	0.0	17.9	6.08	(14:10)Manuall stop PP-8400 B and PP-600 B (16:55)Start PP-8400 A and Stop PP-8400 B
7-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
9-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
14-May-2013		8:45						8.8	0.0	0.0	0.0	8.8	15.25	
15-May-2013	23:15	23:30						0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	23.75	(23:15)Manual stop PP-8400 B for add oil lubrication

16-May-2013	8:20	0:00						15.7	0.0	0.0	0.0	15.7	8.33	(08.20)Manualy Stop PP-8400 B
17-May-2013	0:00	8:30	9:00	0:00				8.5	15.0	0.0	0.0	23.5	0.50	(09.00)Mannuall stop PP-8400 B due to get problem <b>(leaking exhaust)</b>
18-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-May-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-May-2013		17:05						17.1	0.0	0.0	0.0	17.1	6.92	
22-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-May-2013	12:05	13:00						0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	23.08	(12:05)Manuall stop PP-8400 B + PP-600 B <b>due to preparing PM</b>
27-May-2013	7:30	10:10	10:20	10:55	22:15	22:20		2.7	0.6	0.1	0.0	3.3	20.67	(07:30)Manuall stop PP-8400 B + PP-600 B due to <b>repairing flexible joint</b> (10:20)Manuall stop PP-8400 B + PP-600 A due to <b>get leaking at exhaust flexible</b> (22:15)Manuall stop PP-8400 B + PP-600A due to <b>changed air filter</b>
28-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-May-2013	10:28	10:56						0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.53	(10:28)Shutdenly down PP-8400 B due to <b>PALL-8438 active and than PP-8300 A/C down (PSLL active)</b>
30-May-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
31-May-2013	8:28	9:25						0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	23.05	(08:28)Stop PP 8400 B and PP 600 A doe to <b>replace oil engine</b>
1-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Jun-2013	0:20	0:00						23.7	0.0	0.0	0.0	23.7	0.33	(00:20)Stop running PP-8400 B <b>Oil rate 58615 bopd, H2S scav 172 gpd @ 70 ppm</b>
6-Jun-2013		15:35	16:25	16:58				15.6	0.5	0.0	0.0	16.1	7.87	(16:25)Manuall stop PP-8400 B deu to replace racor filter
7-Jun-2013		1:45	2:30	20:20	20:45	0:00		1.8	17.8	3.3	0.0	22.8	1.17	(02:30)Start PP-8300 B, PP-8400 A and Stop PP-510 A/B, PP-8400B (20:45)Start PP-8300 A/B, PP-8400 A, MMU#1, CP-9400, stop PP-8300 C and PP-8400 B
8-Jun-2013		8:45						8.8	0.0	0.0	0.0	8.8	15.25	

9-Jun-2013	22:15	0:00						1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	22.25	(22:15)Start PP-8400 A and stop PP-8400 B
10-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
11-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
12-Jun-2013		1:00						1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	23.00	
13-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
18-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Jun-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Jun-2013	16:50	0:00						7.2	0.0	0.0	0.0	7.2	16.83	(16:50)Start PP-8300 B and stop PP-8400 B
21-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Jun-2013		10:30						10.5	0.0	0.0	0.0	10.5	13.50	
24-Jun-2013	19:40	0:00						4.3	0.0	0.0	0.0	4.3	19.67	(19:40)Manuall stop PP-8400 B, Scav rate 115 Gpd (75 PPM)
25-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
26-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
27-Jun-2013		9:55	15:45	0:00				9.9	8.3	0.0	0.0	18.2	5.83	(15:45)Stop PP-8400 B
28-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
30-Jun-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
1-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
2-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
3-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
4-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
5-Jul-2013		17:20	0:00	0:00				17.3	0.0	0.0	0.0	17.3	6.67	
6-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Jul-2013		10:55	12:15	0:00				10.9	11.8	0.0	0.0	22.7	1.33	(12:15)Start PP-8300 A/B + PP-8400 A and than stop PP-8400 B
8-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby

9-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
10-Jul-2013		10:30						10.5	0.0	0.0	0.0	10.5	13.50	
11-Jul-2013	10:25	0:00						13.6	0.0	0.0	0.0	13.6	10.42	(10:25)Start PP-8400 A and stop PP-8400 B
12-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
13-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
14-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
15-Jul-2013		12:15	16:45	0:00				12.3	7.3	0.0	0.0	19.5	4.50	(16:45)Switched PP-8400 B to PP-8400 A
16-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
17-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
19-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
20-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
21-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
22-Jul-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
23-Jul-2013		2:30						2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	21.50	
24-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
26-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
30-Jul-2013	14:00	15:00						1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	23.00	(14:00)Manual stop PP-8400 B and start PP-510 A/B (SPM 57/58)
31-Jul-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
1-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
2-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
4-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
5-Aug-2013	21:30	22:15						0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	23.25	(21:30)Stop PP-8400 B due to replace diesel racor fuel filter
6-Aug-2013	8:35	9:05						0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.50	(08:35)Start PP-510 A/B as oil pump ( spm: 110), stop PP-8400 B
7-Aug-2013	20:00	21:05						1.1	0.0	0.0	0.0	1.1	22.92	(20:00)Stop PP-8400 B for add oil engine and oil gear

														box.
8-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
9-Aug-2013	20:15	20:30						0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	23.75	(20:15)Stop PP-8400 B for add oil engine.
10-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Aug-2013	14:30	0:00						9.5	0.0	0.0	0.0	9.5	14.50	(14:30)Stop PP-8400 B and PP-600 A due to leaking from hose air intake
13-Aug-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Repair
14-Aug-2013		14:53	15:40	0:00				14.9	8.3	0.0	0.0	23.2	0.78	(15:40)Manuall stop PP-8400 B due to air intake joint get leaking
15-Aug-2013		14:15						14.3	0.0	0.0	0.0	14.3	9.75	(14:15)Start PP-8400 B, oil rate 36800 Bopd , scav rate 85 gpd / 55 PPM
16-Aug-2013	16:00	0:00						8.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.00	(16:00)Manuall stop PP-8400 B, scav rate to 101 Gpd / 70 PPM
17-Aug-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
18-Aug-2013		8:25	17:15	19:00				8.4	1.8	0.0	0.0	10.2	13.83	(17:15)Stop PP-8400 B oil rate 32400 scav= 136 Gpd /100 PPM
19-Aug-2013	0:10	14:15						14.1	0.0	0.0	0.0	14.1	9.92	(00:10)Manuall stop PP-8400 B
20-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
21-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
23-Aug-2013	8:25	0:00						15.6	0.0	0.0	0.0	15.6	8.42	(08:25)Switched PP-8400 B to PP-8400 A due to air intake was broken
24-Aug-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Repair
25-Aug-2013		9:05						9.1	0.0	0.0	0.0	9.1	14.92	
26-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
27-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
28-Aug-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
29-Aug-2013	8:50	9:55	11:08	0:00				1.1	12.9	0.0	0.0	14.0	10.05	(08:50)Start PP-8300 C and stop PP-8400 B due to PM (11:08)Start PP-8300 C and stop PP-8400 B
30-Aug-2013		8:55	9:35	0:00				8.9	14.4	0.0	0.0	23.3	0.67	(08:55)Start PP-8300 B due to running test Bi-fuel (09:35)Manuall stop PP-8400 B
31-Aug-2013		8:30	15:00	0:00				8.5	9.0	0.0	0.0	17.5	6.50	(15:00)Start PP-8400 A, stop PP-8400 B
1-Sep-2013		14:50						14.8	0.0	0.0	0.0	14.8	9.17	
2-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
3-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	

4-Sep-2013	13:40	0:00						10.3	0.0	0.0	0.0	10.3	13.67	(13:40)Manuall stop PP-8400 B due to repaire gas Bi fuell
5-Sep-2013		11:10	12:10	14:10	16:05	17:20	20:25	0:00	11.2	2.0	1.3	3.6	18.0	6.00
6-Sep-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
7-Sep-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
8-Sep-2013		0:05						0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	23.92	
9-Sep-2013	14:30	15:00						0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.50	(14:30)Manual stop PP-8400 B due to check RPM sensor of BI fuel
10-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
11-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
12-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
13-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
14-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
15-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
16-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
17-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
18-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
19-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
20-Sep-2013	8:00	9:30						1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	22.50	(08:00)Stop PP-8400 B for PM schedule
21-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
22-Sep-2013	14:40	16:15						1.6	0.0	0.0	0.0	1.6	22.42	(14:40)Stop PP-8400 B
23-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
24-Sep-2013								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	
25-Sep-2013	14:30	15:40						1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	22.83	(14:30)Stop PP-8400 B due to replace fuel filter, fill up oil gear box and oil engine.
26-Sep-2013	8:45	0:00						15.3	0.0	0.0	0.0	15.3	8.75	(08:45)Stop PP-8400 B scav rate to 136 gpd (100 ppm).
27-Sep-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
28-Sep-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
29-Sep-2013	0:00	0:00						24.0	0.0	0.0	0.0	24.0	0.00	Continued Standby
30-Sep-2013		8:35	11:35	0:00				8.6	12.4	0.0	0.0	21.0	3.00	(11:35)Stop PP-8400 B,PP-510 A/B.

#### B.4. Data Kerusakan

##### ➤ *Racor Fuel Filter*

DATE	WAKTU PERBAIKAN		TTR	TTF
9-Feb-2012	16:40	17:25	0,75	0,00
13-Jun-2012	11:28	12:26	0,97	1526,28
22-Aug-2012	12:50	13:30	0,67	558,40
17-Sep-2012	8:00	8:30	0,50	451,10
6-Nov-2012	16:05	17:00	0,92	879,72
29-Nov-2012	12:20	13:35	1,25	286,43
10-Feb-2013	16:45	17:30	0,75	709,45
5-Aug-2013	21:30	22:15	0,75	2083,42

##### ➤ *Fuel Filter Separator*

DATE	WAKTU PERBAIKAN		TTR	TTF
13-Jun-2012	12:26	13:25	0,98	0,00
22-Aug-2012	12:10	12:50	0,67	558,40
10-Feb-2013	17:30	18:00	0,50	2326,70
6-Aug-2013	8:35	9:05	0,50	2093,75
25-Sep-2013	14:30	15:20	0,83	878,58

##### ➤ *Coolant Filter*

DATE	WAKTU PERBAIKAN		TTR	TTF
6-May-2012	8:15	9:45	1,50	0,00
11-Jul-2012	8:13	8:44	0,52	541,05
7-Oct-2012	7:15	8:00	0,75	1100,18
17-Dec-2012	9:22	10:20	0,97	945,40
8-Apr-2013	14:10	15:00	0,83	1530,20

➤ *Air Filter*

DATE	WAKTU PERBAIKAN		TTR	TTF
15-Feb-2012	9:25	10:22	0,95	0,00
28-May-2012	7:25	8:49	1,40	1403,60
17-Dec-2012	10:20	11:49	1,48	2322,05
10-Jan-2013	9:30	10:15	0,75	524,87
8-Apr-2013	15:00	15:47	0,78	1005,67

**B.5. Empirical Method Reliability and Failure Rate**

➤ *Racor Fuel Filter*

Sebelum melakukan perhitungan *reliability* dan *failure rate* dengan *empirical method*, TTF dari data kerusakan harus diurutkan terlebih dahulu dari yang terkecil hingga terbesar. Sehingga diperoleh urutan sebagai berikut:

i	TTF
0	0,00
1	286,43
2	451,10
3	558,40
4	709,45
5	879,72
6	152,28
7	2084,20

Kemudian *reliability* dan *failure rate* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1.) dan (2.2.). Dengan menggunakan data saat  $i = 1$ , maka contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- *Reliability*

$$R_{t_i} = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$R_{t_1} = \frac{7+1-1}{7+1}$$

$$R_{t_1} = 0,8750$$

- *Failure rate*

$$\lambda_{t_i} = \frac{1}{t_{i+1}-t_i \times (n+1-i)}$$

$$\lambda_{t_1} = \frac{1}{451,10 - 286,43 \times (7+1-1)}$$

$$\lambda_{t_i} = 0,0009$$

Dengan cara yang sama, maka *reliability* dan *failure rate* pada setiap  $i$  diperoleh seperti dalam tabel di bawah ini:

<b>i</b>	<b>TTF</b>	<b>RELIABILITY</b>	<b>FAILURE RATE</b>
0	0,00	1,0000	0,0004
1	286,43	0,8750	0,0009
2	451,10	0,7500	0,0016
3	558,40	0,6250	0,0013
4	709,45	0,5000	0,0015
5	879,72	0,3750	0,0005
6	1526,28	0,2500	0,0009
7	2084,20	0,1250	

➤ *Fuel Filter Separator*

Untuk menghitung *reliability* dan *failure rate* dengan *empirical method*, maka TTF data kerusakan *fuel filter separator* harus diurutkan dari terkecil hingga yang terbesar. Hasilnya adalah seperti yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini:

<b>i</b>	<b>TTF</b>
0	0,00
1	558,40
2	878,58
3	2094,53
4	2326,70

Jika diinginkan perhitungan pada data kerusakan  $i = 1$ , maka *reliability* dan *failure rate* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1.) dan (2.2.) menjadi sebagai berikut:

- *Reliability*

$$R \ t_i = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$R \ t_1 = \frac{4+1-1}{4+1}$$

$$R \ t_1 = 0,8$$

- *Failure rate*

$$\lambda \ t_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i \times (n+1-i)}$$

$$\lambda \ t_1 = \frac{1}{878,58 - 558,40 \times (4+1-1)}$$

$$\lambda \ t_i = 0,0008$$

Sehingga, pada data ke-  $i$  yang lainnya, *reliability* dan *failure rate* komponen *fuel filter separator* dapat dihitung dengan cara yang sama menjadi seperti dalam tabel berikut ini:

<b>i</b>	<b>TTF</b>	<b>RELIABILITY</b>	<b>FAILURE RATE</b>
0	0,00	1,0000	0,0004
1	558,40	0,8000	0,0008
2	878,58	0,6000	0,0003
3	2094,53	0,4000	0,0022
4	2326,70	0,2000	

➤ *Coolant Filter*

Seperti yang dilakukan sebelumnya, untuk menghitung *reliability* dan *failure rate* menggunakan *empirical method*, maka TTF dari data kerusakan *coolant filter* diurutkan terlebih dahulu dari yang terkecil hingga terbesar seperti pada tabel di bawah ini:

<b>i</b>	<b>TTF</b>
0	0,00
1	541,05
3	945,40
2	1100,18
4	1530,20

Jika digunakan data saat  $i = 1$ , perhitungan *reliability* dan *failure rate* dapat dilakukan dengan persamaan (2.1.) dan (2.2.).

- *Reliability*

$$R \ t_i = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$R \ t_1 = \frac{4+1-1}{4+1}$$

$$R \ t_1 = 0,8$$

- *Failure rate*

$$\lambda \ t_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i \times (n+1-i)}$$

$$\lambda \ t_1 = \frac{1}{945,40 - 541,05 \times (4+1-1)}$$

$$\lambda \ t_i = 0,0006$$

Dengan cara yang sama, maka nilai *reliability* dan *failure rate* yang lain didapatkan sebagai berikut:

i	t	RELIABILITY	FAILURE RATE
0	0,00	1,0000	0,0004
1	541,05	0,8000	0,0006
3	945,40	0,4000	0,0032
2	1100,18	0,6000	0,0008
4	1530,20	0,2000	

#### ➤ *Air Filter*

Jika diurutkan seperti yang dilakukan sebelumnya, maka dari data kerusakan komponen *air filter* diperoleh seperti dalam tabel di bawah ini:

i	TTF
0	0,00
1	524,87
2	1005,67
3	1403,60
4	2322,05

Kemudian dengan data pada  $i = 1$ , maka perhitungan *reliability* dan *failure rate* komponen *air filter* menggunakan *empirical method* dapat dilakukan dengan persamaan (2.1.) dan (2.2.) sebagai berikut:

- *Reliability*

$$R \ t_i = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$R \ t_1 = \frac{4+1-1}{4+1}$$

$$R \ t_1 = 0,8$$

- *Failure rate*

$$\lambda \ t_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i \times (n+1-i)}$$

$$\lambda \ t_1 = \frac{1}{1005,67 - 524,87 \times (4+1-1)}$$

$$\lambda \ t_i = 0,0005$$

Jika dilakukan perhitungan yang sama pada data ke-  $i$  lainnya, maka diperoleh hasil *reliability* dan *failure rate* *air filter* sebagai berikut:

<b>i</b>	<b>t</b>	<b>RELIABILITY</b>	<b>FAILURE RATE</b>
0	0,00	1,0000	0,0004
1	524,87	0,8000	0,0005
2	1005,67	0,6000	0,0008
3	1403,60	0,4000	0,0005
4	2322,05	0,2000	

## B.6. Fitting of Dynamic Reliability Model

*Fitting* dilakukan untuk memperoleh konstanta yang diperlukan dalam *dynamic reliability model* persamaan (2.6.), sehingga model tersebut mampu mendekati nilai *reliability* yang diperoleh dengan *empirical method*. Konstanta yang dicari dengan *fitting* ini yaitu *degradation factor* ( $A_1$ ). Sedangkan *initial failure rate* ( $A_0$ ) dan *initial reliability* ( $R_0$ ) diperoleh dari hasil perhitungan saat  $i = 0$  dalam *empirical method*, dimana masing-masing komponen mempunyai  $A_0 = 0,0004$  dan  $R_0 = 1$ .

*Racor fuel filter* dan *fuel filter separator* merupakan komponen yang selalu dilakukan PM setiap 250 jam. Sehingga khusus untuk keduanya, persamaan (2.6.) harus dimodifikasi menjadi *cumulative dynamic reliability* sebagai berikut:

$$R(t) = \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{A_0 + A_1 R_0 (t - n t_p)}} \times \frac{R_0(A_0 + A_1 R_0)}{A_1 R_0 + A_0 e^{A_0 + A_1 R_0 t_p}}$$

Dimana  $n$  adalah jumlah PM yang telah dilakukan dan  $t_p$  merupakan interval PM. Kemudian untuk mengetahui konstanta *degradation factor* yang paling tepat digunakan validasi statistik dengan perhitungan *Mean Square Error* (MSE) pada persamaan (2.3.). Hasilnya adalah sebagai berikut:

➤ *Racor fuel filter* ( $A_1 = 0,0064$ )

i	TTF	Rx	Ry	E = Rx - Ry	E^2
0	0,00	1,0000	1,0000	0,0000	0,000000
1	286,43	0,8750	0,7788	0,0962	0,009259
2	451,10	0,7500	0,6754	0,0746	0,005561
3	558,40	0,6250	0,6092	0,0158	0,000248
4	709,45	0,5000	0,5286	-0,0286	0,000819
5	879,72	0,3750	0,4580	-0,0830	0,006889
6	1526,28	0,2500	0,2434	0,0066	0,000044
7	2084,20	0,1250	0,1476	-0,0226	0,000509
<b>MSE</b>				<b>0,002916</b>	

➤ Fuel filter separator ( $A_I = 0,0024$ )

<b>i</b>	<b>TTF</b>	<b>Rx</b>	<b>Ry</b>	<b>E = Rx - Ry</b>	<b>E^2</b>
0	0,00	1,0000	1,0000	0,0000	0,000000
1	558,40	0,8000	0,7441	0,0559	0,003123
2	878,58	0,6000	0,6276	-0,0276	0,000763
3	2094,53	0,4000	0,3249	0,0751	0,005647
4	2326,70	0,2000	0,2862	-0,0862	0,007439
				<b>MSE</b>	<b>0,003394</b>

➤ Coolant filter ( $A_I = 0,0013$ )

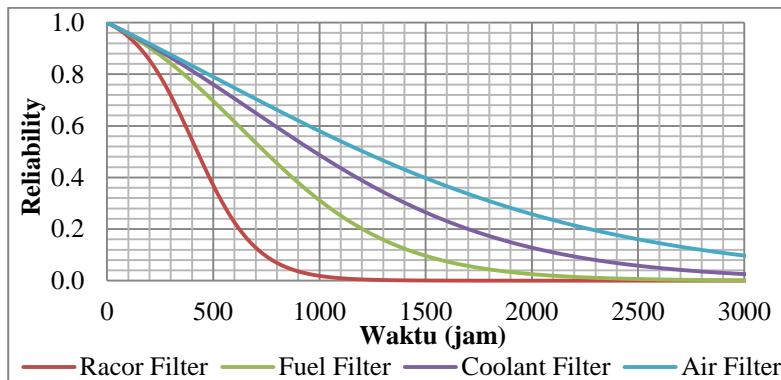
<b>i</b>	<b>TTF</b>	<b>Rx</b>	<b>Ry</b>	<b>E = Rx - Ry</b>	<b>E^2</b>
0	0,00	1,0000	1,0000	0,0000	0,000000
1	541,05	0,8000	0,7380	0,0620	0,003843
2	945,40	0,6000	0,5159	0,0841	0,007080
3	1100,18	0,4000	0,4363	-0,0363	0,001320
4	1530,20	0,2000	0,2540	-0,0540	0,002917
				<b>MSE</b>	<b>0,003032</b>

➤ Air filter ( $A_I = 0,00069$ )

<b>i</b>	<b>TTF</b>	<b>Rx</b>	<b>Ry</b>	<b>E = Rx - Ry</b>	<b>E^2</b>
0	0,00	1,0000	1,0000	0,0000	0,000000
1	524,87	0,8000	0,7792	0,0208	0,000431
2	1005,67	0,6000	0,5776	0,0224	0,000501
3	1403,60	0,4000	0,4296	-0,0296	0,000877
4	2322,05	0,2000	0,1907	0,0093	0,000087
				<b>MSE</b>	<b>0,000379</b>

## B.7. Implementasi *Dynamic Reliability Model* (NO PM)

Dengan konstanta yang telah diperoleh, maka grafik *reliability* dari masing-masing komponen jika tidak dilakukan PM adalah sebagai berikut:



Grafik di atas menunjukkan bahwa tanpa PM 250 jam, *racor fuel filter* dan *fuel filter separator* mempunyai penurunan *reliability* yang sangat tajam. Jika dihitung dengan *dynamic reliability model* tanpa perlakuan PM (persamaan (2.6.)), nilai *reliability* hasil *fitting* masing-masing komponen terjadi saat TTF seperti ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

➤ *Racor fuel filter*

<b>Ry</b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>
1,0000	0,00
0,7788	259,23
0,6754	325,88
0,6092	364,26
0,5286	409,20
0,4580	448,55
0,2434	586,19
0,1476	676,01

➤ *Fuel filter separator*

<b>Ry</b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>
1,0000	0,00
0,7441	437,83
0,6276	585,61
0,3249	979,91
0,2862	1041,26

➤ *Coolant filter*

<b>Ry</b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>
1,0000	0,00
0,7380	541,05
0,5159	945,40
0,4363	1100,18
0,2540	1530,20

➤ *Air filter*

<b>Ry</b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>
1,0000	0,00
0,7792	524,87
0,5776	1005,67
0,4296	1403,60
0,1907	2322,05

TTF tersebut selanjutnya disetarakankan dengan TTF data kerusakan pada **Lampiran B.4.** untuk melakukan analisis *improvement factor*. Analisis tersebut harus dilakukan dengan data TTF komponen tanpa perlakuan PM. Karena adanya PM akan mempengaruhi *improvement factor* yang dihasilkan. Dengan menggunakan data *maintenance activity record* terpilih pada **Lampiran B.2.**, maka penyetaraan menghasilkan data berikut ini:

➤ *Racor Fuel Filter*

<b>DATE</b>	<b>TTF<sub>Actual</sub></b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>	<b>Maintenance Type</b>
9-Feb-2012	0,00	0,00	<i>Renew</i>
13-Jun-2012	1526,28	586,19	<i>Clean up</i>
22-Aug-2012	558,40	364,26	<i>Clean up</i>
17-Sep-2012	451,10	325,88	<i>Renew</i>
6-Nov-2012	879,72	448,55	<i>Clean up</i>
29-Nov-2012	286,43	259,23	<i>Clean up</i>
10-Feb-2013	709,45	409,20	<i>Renew</i>
5-Aug-2013	2083,42	676,01	<i>Renew</i>

$$MTTF_{No\ PM} = R(t)_{No\ PM} = 442,69$$

➤ *Fuel Filter Separator*

<b>DATE</b>	<b>TTF<sub>Actual</sub></b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>	<b>Maintenance Type</b>
13-Jun-2012	0,00	0,00	<i>Clean up</i>
22-Aug-2012	558,40	437,83	<i>Renew</i>
10-Feb-2013	2326,70	1041,26	<i>Renew</i>
6-Aug-2013	2093,75	979,91	<i>Clean up</i>
25-Sep-2013	878,58	585,61	<i>Renew</i>

$$MTTF_{No\ PM} = R(t)_{No\ PM} = 810,80$$

➤ *Coolant Filter*

<b>DATE</b>	<b>TTF<sub>Actual</sub></b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>	<b>Maintenance Type</b>
6-May-2012	0,00	0,00	<i>Clean up</i>
11-Jul-2012	541,05	541,05	<i>Renew</i>
7-Oct-2012	1100,18	1100,18	<i>Clean up</i>
17-Dec-2012	945,40	945,40	<i>Renew</i>
8-Apr-2013	1530,20	1530,20	<i>Renew</i>

$$MTTF_{No\ PM} = R(t)_{No\ PM} = 1113,05$$

➤ *Air Filter*

<b>DATE</b>	<b>TTF<sub>Actual</sub></b>	<b>TTF<sub>No PM</sub></b>	<b>Maintenance Type</b>
15-Feb-2012	0,00	0,00	<i>Renew</i>
28-May-2012	1403,60	1403,60	<i>Renew</i>
17-Dec-2012	2322,05	2322,05	<i>Clean up</i>
10-Jan-2013	524,87	524,87	<i>Clean up</i>
8-Apr-2013	1005,67	1005,67	<i>Renew</i>

$$MTTF_{No\ PM} = R(t)_{No\ PM} = 1452,85$$

**B.8. Improvement Factor**

Untuk menunjukkan seberapa besar pengaruh aktivitas *maintenance* pada suatu komponen, maka *improvement factor* diklasifikasikan menjadi  $m = 0$  untuk komponen yang dibiarkan saja atau tidak dilakukan *maintenance*,  $m = 1$  untuk komponen yang diganti, dan  $0 < m < 1$  untuk komponen yang diperbaiki atau *simple repair*. *Improvement factor* dari komponen yang dilakukan *simple repair* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7.) dengan cara berikut ini:

Catatan: Aktivitas *maintenance* terakhir tidak masuk dalam analisis *improvement factor*, karena tidak dapat diketahui seberapa besar TTF yang dihasilkan.

➤ *Racor fuel filter*

Berdasarkan **Lampiran B.7.**, satu-satunya *simple repair* yang mungkin dilakukan pada komponen *racor fuel filter* adalah pembersihan (*clean up*) yang mana dilakukan sebanyak empat kali. Maka dengan persamaan (2.8.) dan (2.9.) diperoleh:

- Peluang 1P *maintenance*

$$p = \frac{n_{1P}}{n_{1P} + n_{2P}}$$

$$p_{clean\ up} = \frac{4}{4+3}$$

$$p_{clean\ up} = 0,5714$$

- *Improved level*

$$d = \frac{TTF_{i+1}}{MTTF}$$

$$d_{1,clean\ up} = \frac{364,26}{442,69} = 0,8228$$

$$d_{2,clean\ up} = \frac{325,88}{442,69} = 0,7361$$

$$d_{3,clean\ up} = \frac{259,23}{442,69} = 0,5856$$

$$d_{4,clean\ up} = \frac{409,20}{442,69} = 0,9244$$

$$d_{clean\ up} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} = 0,7672$$

Sehingga *improvement factor* untuk *simple repair (clean up)* racor fuel filter adalah:

$$m = \frac{1}{p} \quad p \times d$$

$$m = \frac{1}{0,5714} (0,5714 \times 0,7672)$$

$$m = 0,7672$$

➤ *Fuel filter separator*

Seperti halnya racor fuel filter, *simple repair* yang dapat dilakukan pada *fuel filter separator* hanyalah pembersihan (*clean up*). Dimana berdasarkan **Lampiran B.7.**, *simple repair* hanya dilakukan sebanyak dua kali. Sehingga dengan persamaan (2.8.) dan (2.9.) diperoleh:

- Peluang 1P *maintenance*

$$p = \frac{n_{1P}}{n_{1P} + n_{2P}}$$

$$p_{clean\ up} = \frac{2}{2+2}$$

$$p_{clean\ up} = 0,5$$

- *Improved level*

$$d = \frac{TTF_{i+1}}{MTTF}$$

$$d_{1,clean\ up} = \frac{437,83}{810,80} = 0,5400$$

$$d_{2,clean\ up} = \frac{585,61}{810,80} = 0,7223$$

$$d_{clean\ up} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 0,6311$$

Sehingga dengan menggunakan persamaan (2.7.), *improvement factor* untuk *simple repair fuel filter separator (clean up)* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{p} \quad p \times d$$

$$m = \frac{1}{0,5} (0,5 \times 0,6311)$$

$$m = 0,6311$$

#### ➤ *Coolant filter*

Seperti dua sebelumnya, satu-satunya *simple repair* yang bisa dilakukan pada komponen *coolant filter* yaitu pembersihan

(*clean up*). Dengan menggunakan persamaan (2.8.) dan (2.9.), maka dapat dilakukan perhitungan peluan 1P *maintenance* dan *improved level* berikut ini:

- Peluang 1P *maintenance*

$$p = \frac{n_{1P}}{n_{1P} + n_{2P}}$$

$$p_{clean\ up} = \frac{2}{2+2}$$

$$p_{clean\ up} = 0,5$$

- *Improved level*

$$d = \frac{MTTF_{i+1}}{MTTF}$$

$$d_{1,clean\ up} = \frac{541,05}{1113,05} = 0,4861$$

$$d_{2,clean\ up} = \frac{945,40}{1113,05} = 0,8494$$

$$d_{clean\ up} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 0,6677$$

Sehingga dengan persamaan (2.7.), *improvement factor* untuk *simple repair coolant filter* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{p} \quad p \times d$$

$$m = \frac{1}{0,5} \quad 0,25 \times 0,6677$$

$$m = 0,6677$$

➤ *Air filter*

*Simple repair* yang dapat dilakukan pada komponen *air filter* hanyalah pembersihan (*clean up*). Dimana berdasarkan **Lampiran B.7.**, dilakukan sebanyak dua kali. Sehingga dengan persamaan (2.8.) dan (2.9.), peluang dilakukannya 1P *maintenance* dan *improved level* dapat dihitung dengan cara berikut ini:

- Peluang 1P *maintenance*

$$p = \frac{n_{1P}}{n_{1P} + n_{2P}}$$

$$p_{clean\ up} = \frac{2}{2+2}$$

$$p_{clean\ up} = 0,5$$

- *Improved level*

$$d = \frac{TTF_{i+1}}{MTTF}$$

$$d_{1,clean\ up} = \frac{524,87}{1452,85} = 0,3613$$

$$d_{2,clean\ up} = \frac{1005,67}{1452,85} = 0,6922$$

$$d_{clean\ up} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 0,5267$$

Sehingga dengan persamaan (2.7.), *improvement factor* untuk *simple repair air filter (clean up)* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{p} \quad p \times d$$

$$m = \frac{1}{0,5} (0,5 \times 0,5267)$$

$$m = 0,5267$$

### B.9. Maintenance Cost

Persamaan (2.11.) menunjukkan bahwa *maintenance cost* merupakan kombinasi antara harga komponen jika dilakukan penggantian, biaya *downtime* atau kerugian karena mesin *off*, dan biaya tenaga teknisi yang tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan (TTR). Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan dan beberapa lampiran sebelumnya, harga komponen, biaya *downtime*, dan biaya teknisi setiap komponen adalah sebagai berikut:

KOMPONEN	$C_c$ (rupiah)	$C_d$ (rupiah)	$C_m$ (rupiah/jam)
<b>Racor Fuel Filter</b>	288.000,-	0,-	10.000,-
<b>Fuel Filter Separator</b>	600.000,-	0,-	10.000,-
<b>Coolant Filter</b>	888.000,-	0,-	10.000,-
<b>Air Filter</b>	2.100.000,-	0,-	10.000,-

Dari tabel di atas, biaya *downtime* selalu nol karena apabila komponen mengalami kerusakan dan mesin *off* masih bisa digantikan oleh mesin yang lain. Sedangkan data pada **Lampiran B.2.** dan **Lampiran B.4.** menunjukkan bahwa rincian dari aspek teknisi setiap kemungkinan jenis PM adalah sebagai berikut:

- *Racor fuel filter*

	MAN POWER	MTTR	MAN HOUR	$C_m$ (rupiah)
<b>0P</b>	0	0,00	0,00	0,-
<b>1P</b>	3	0,95	2,85	28.500,-
<b>2P</b>	3	0,69	2,07	20.700,-

➤ *Fuel filter separator*

	MAN POWER	MTTR	MAN HOUR	$C_m$ (rupiah)
<b>0P</b>	0	0,00	0,00	0,-
<b>1P</b>	3	0,74	2,22	22.200,-
<b>2P</b>	3	0,67	2,01	20.100,-

➤ *Coolant filter*

	MAN POWER	MTTR	MAN HOUR	$C_m$ (rupiah)
<b>0P</b>	0	0,00	0,00	0,-
<b>1P</b>	3	1,13	3,39	33.900,-
<b>2P</b>	3	0,77	2,31	23.100,-

➤ *Air filter*

	MAN POWER	MTTR	MAN HOUR	$C_m$ (rupiah)
<b>0P</b>	0	0,00	0,00	0,-
<b>1P</b>	3	1,12	3,36	33.600,-
<b>2P</b>	3	1,04	3,12	31.200,-

Sehingga *total cost maintenance* yang mungkin untuk setiap komponen dengan jenis PM yang diterapkan seperti ditunjukkan oleh data dalam tabel berikut ini:

➤ *Racor fuel filter*

	$C_c$ (rupiah)	$C_d$ (rupiah)	$C_m$ (rupiah)	$C_{TM}$ (rupiah)
<b>0P</b>	0,-	0,-	0,-	0,-
<b>1P</b>	0,-	0,-	28.500,-	28.500,-
<b>2P</b>	288.000,-	0,-	20.700,-	308.700,-

➤ *Fuel filter separator*

	$C_c$ (rupiah)	$C_d$ (rupiah)	$C_m$ (rupiah)	$C_{TM}$ (rupiah)
<b>0P</b>	0,-	0,-	0,-	0,-
<b>1P</b>	0,-	0,-	22.200,-	22.200,-
<b>2P</b>	600.000,-	0,-	20.100,-	620.100,-

➤ *Coolant filter*

	$C_c$ (rupiah)	$C_d$ (rupiah)	$C_m$ (rupiah)	$C_{TM}$ (rupiah)
<b>0P</b>	0,-	0,-	0,-	0,-
<b>1P</b>	0,-	0,-	33.900,-	33.900,-
<b>2P</b>	888.000,-	0,-	23.100,-	911.100,-

➤ *Air filter*

	$C_c$ (rupiah)	$C_d$ (rupiah)	$C_m$ (rupiah)	$C_{TM}$ (rupiah)
<b>0P</b>	0,-	0,-	0,-	0,-
<b>1P</b>	0,-	0,-	33.600,-	33.600,-
<b>2P</b>	2.100.000,-	0,-	31.200,-	2.131.200,-

## C.1. Genetic Algorithm

### C.1.a. Inisialisasi Populasi

```
%=====
% Membangkitkan sejumlah UkPop kromosom, masing-masing kromosom berisi
% bilangan
% biner (0 dan 1) sejumlah JumGen
%
% Masukan
%   UkPop : ukuran populasi atau jumlah kromosom dalam populasi
%   JumGen: jumlah gen dalam kromosom
%
% Keluaran
%   Populasi : kumpulan kromosom, matriks berukuran UkPop x JumGen
%=====
```

**function** Populasi = InisialisasiPopulasi(UkPop, JumGen)

Populasi = fix(2\*rand(UkPop, JumGen));

### C.1.b. Prngkodean Kromosom

```
%=====
% Mendekodekan kromosom (bil. biner) menjadi individu x yang (bil. real)
%
% Masukan
%   Kromosom : kromosom, matriks berukuran 1 x JumGen
%   Nvar : jumlah variabel
%   Nbit : jumlah bit yang mengkodekan satu variabel
%   Ra : batas atas interval
%   Rb : batas bawah interval
%
% Keluaran
%   x : individu hasil dekode kromosom
%=====
```

```
function x = DekodekanKromosom(Kromosom,Nvar,Nbit,Ra,Rb)

for ii=1:Nvar,
    x(ii) = 0;
    for jj=1:Nbit,
        x(ii) = x(ii) + Kromosom((ii-1)*Nbit+jj)*2^(-jj);
    end
    x(ii) = Rb + (Ra-Rb)*x(ii);
end
```

### C.1.c. Evaluasi Individu

```
%=====
% Mengevaluasi individu sehingga didapatkan nilai fitness-nya
%
% Masukan
%   x : individu
%
% Keluaran
%   fitness : nilai fitness
%=====

function fitness = EvaluasiIndividu(x)

R01 = 1;
R02 = 1;
R03 = 1;
R04 = 1;

%Racor Filter
if x(1) == 0,
    C1 = 0;
    m1 = 0;
    R1 = (R01*(0.0004 + (0.0064*R01)))/((0.0064*R01)+(0.0004*exp...
        ((0.0004 + (0.0064*R01))*(100-(m1*100))));
```

```

elseif x(1) == 1,
C1 = 0.007176852761200;
m1 = 0.7672242426980250;
R1 = (R01*(0.0004 + (0.0064*R01)))/((0.0064*R01)+(0.0004*exp...
((0.0004 + (0.0064*R01))*(100-(m1*100))));

elseif x(1) == 2,
C1 = 0.077736647276573;
R1 = 1;

else
C1 = 1;
R1 = 0;
end

%Fuel Filter
if x(2) == 0,
C2 = 0;
m2 = 0;
R2 = (R02*(0.0004 + (0.0024*R02)))/((0.0024*R02)+(0.0004*exp...
((0.0004 + (0.0024*R02))*(100-(m2*100))));

elseif x(2) == 1,
C2 = 0.005590390571882;
m2 = 0.631129748396645;
R2 = (R02*(0.0004 + (0.0024*R02)))/((0.0024*R02)+(0.0004*exp...
((0.0004 + (0.0024*R02))*(100-(m2*100))));
```

```

elseif x(2) == 2,
    C2 = 0.156153206919997;
    R2 = 1;
else
    C2 = 1;
    R2 = 0;
end

%Coolant Filter
if x(3) == 0,
    C3 = 0;
    m3 = 0;
    R3 = (R03*(0.0004 + (0.0013*R03)))/((0.0013*R03)+(0.0004*exp...
        ((0.0004 + (0.0013*R03))*(100-(m3*100))));;
elseif x(3) == 1,
    C3 = 0.008536677494901;
    m3 = 0.667737298414267;
    R3 = (R03*(0.0004 + (0.0013*R03)))/((0.0013*R03)+(0.0004*exp...
        ((0.0004 + (0.0013*R03))*(100-(m3*100))));;
elseif x(3) == 2,
    C3 = 0.2294326250902773;
    R3 = 1;
else
    C3 = 1;

```

```

R3 = 0;
end

%Air Filter
if x(4) == 0,
C4 = 0;
m4 = 0;
R4 = (R04*(0.0004 + (0.00069*R04)))/((0.00069*R04)+(0.0004*exp...
((0.0004 + (0.00069*R04))*(100-(m4*100))));

elseif x(4) == 1,
C4 = 0.008461131676362;
m4 = 0.526734808594602;
R4 = (R04*(0.0004 + (0.00069*R04)))/((0.00069*R04)+(0.0004*exp...
((0.0004 + (0.00069*R04))*(100-(m4*100))));

elseif x(4) == 2,
C4 = 0.536677494900657;
R4 = 1;

else
C4 = 1;
R4 = 0;
end

C = C1 + C2 + C3 + C4;
R = R1 * R2 * R3 * R4;

```

```

Rf1 = (R1*(0.0004 + (0.0064*R1)))/((0.0064*R1)+(0.0004*exp...
    ((0.0004 + (0.0064*R1))*100)));
Rf2 = (R2*(0.0004 + (0.0024*R2)))/((0.0024*R2)+(0.0004*exp...
    ((0.0004 + (0.0024*R2))*100)));
Rf3 = (R3*(0.0004 + (0.0013*R3)))/((0.0013*R3)+(0.0004*exp...
    ((0.0004 + (0.0013*R3))*100)));
Rf4 = (R4*(0.0004 + (0.00069*R4)))/((0.00069*R4)+(0.0004*exp...
    ((0.0004 + (0.00069*R4))*100)));
Rt = Rf1 * Rf2 * Rf3 *Rf4;
if (Rt >= 0.7)
    fitness = 10 * (1 + R - C)/2;
else
    fitness = 0 * (1 + R - C)/2;
end

```

#### C.1.d. *Linear Fitness Ranking*

```
%=====
% Men-skala-kan nilai fitness ke dalam ranking sehingga diperoleh
% nilai-nilai fitness baru yang berada dalam rentang [MaxF,MinF]
%
% Masukan
%   UkPop : ukuran populasi atau jumlah kromosom dalam populasi
%   Fitness: nilai fitness, matriks ukuran 1 x UkPop
```

```

% MaxF : nilai fitness maximum
% MinF : nilai fitness minimum
%
% Keluaran
% LFR : Linear Fitness Ranking
%=====
function LFR = LinearFitnessRanking(UkPop,Fitness,MaxF,MinF)

% SF berisi nilai fitness yang terurut dari kecil ke besar (ascending)
% IndF berisi index dari nilai fitness yang menyatakan nomor urut kromosom
[SF,IndF] = sort(Fitness);

% LinearFitness = nilai fitness baru hasil pen-skala-an
for rr=1:UkPop,
    LFR(IndF(UkPop-rr+1)) = MaxF- (MaxF-MinF) * ((rr-1) / (UkPop-1));
end

```

### C.1.e. Seleksi Orang Tua

```

%=====
% Memilih orang tua menggunakan LinearFitness, yaitu nilai fitness hasil
% pen-skala-an. Dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai fitness

```

```
%  
% Masukan  
%   UkPop : ukuran populasi atau jumlah kromosom dalam populasi  
%   LinearFitness : nilai fitness yang sudah di-skala-kan  
%  
% Keluaran  
%   Pindex : indeks dari kromosom yang terpilih (bernilai 1 sampai UkPop)  
%=====
```

**function** Pindex = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness)

JumFitness = sum(LinearFitness);  
KumulatifFitness = 0;  
RN = rand;  
ii = 1;  
**while** ii <= UkPop,  
 KumulatifFitness = KumulatifFitness + LinearFitness(ii);  
 **if** (KumulatifFitness/JumFitness) > RN,  
 Pindex = ii;  
 **break**;  
 **end**  
 ii = ii + 1;  
**end**

### C.1.f. Pindah Silang

```
%=====
% Memindah-silangkan bagian kromosom Bapak dan Ibu yang dipotong
% secara random, sehingga dihasilkan dua buah kromosom Anak
%
% Masukan
%   Bapak : kromosom, matriks berukuran 1 x JumGen
%   Ibu : kromosom, matriks berukuran 1 x JumGen
%   JumGen : jumlah gen
%
% Keluaran
%   Anak : kromosom hasil pindah silang, matriks berukuran 1 x JumGen
%=====

function Anak = PindahSilang(Bapak,Ibu,JumGen)

% Membangkitkan satu titik potong (TP bernilai antara 1 sampai JumGen-1)
TP = 1 + fix(rand*(JumGen-1));

% Anak 1 berisi bagian depan Bapak dan bagian belakang Ibu
Anak(1,:) = [Bapak(1:TP) Ibu(TP+1:JumGen)];
Anak(2,:) = [Ibu(1:TP) Bapak(TP+1:JumGen)];
```

### C.1.g. Mutasi

```
%=====
% Mutasi gen dengan probabilitas sebesar Pmutasi
% Gen-gen yang terpilih diubah nilainya: 0 menjadi 1, dan 1 menjadi 0
%
% Masukan
%   Kromosom : kromosom, matriks berukuran 1 x JumGen
%   JumGen : jumlah gen
%   Pmutasi : Probabilitas mutasi
%
% Keluaran
%   MutKrom : kromosom hasil mutasi, matriks berukuran 1 x JumGen
%=====

function MutKrom = Mutasi(Kromosom,JumGen,Pmutasi)

MutKrom = Kromosom;
for ii=1:JumGen,
    if (rand < Pmutasi),
        if Kromosom(ii)==0,
            MutKrom(ii) = 1;
        else
            MutKrom(ii) = 0;
        end
    end
end
```

```
    end  
end
```

### C.1.h. Simulasi

```
%=====  
% Running Algoritma Genetika  
%  
% 1. Satu populasi dengan UkPop kromosom  
% 2. Binary encoding  
% 3. Linear fitness ranking  
% 4. Roulette-wheel selection  
% 5. Pindah silang satu titik potong  
% 6. Probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi bernilai tetap  
% 7. Elitisme, satu atau dua buah copy individu bernilai fitness tertinggi  
% 8. Generational replacement: mengganti semua individu dengan yang baru  
%=====  
  
clc % Me-refresh command window  
clear all % Menghapus semua variabel yang aktif  
  
Nvar = 4; % Jumlah variabel pada fungsi yang dioptimasi  
Nbit = 2; % Jumlah bit yang mengkodekan satu variabel
```

```

JumGen      = Nbit*Nvar;           % Jumlah gen dalam kromosom
Rb          = 0;                  % Batas bawah interval
Ra          = 4;                  % Batas atas interval
UkPop       = 75;                 % Jumlah kromosom dalam populasi
Psilang     = 0.9;                % Probabilitas pindah silang
Pmutasi    = 0.175;               % Probabilitas mutasi
MaxG        = 10;                 % Jumlah generasi

% Inisialisasi grafis 2D
hfig = figure;
hold on
title('Optimasi Preventive Maintenance Stage ke- j')
set(hfig, 'position', [50,50,600,400]);
set(hfig, 'DoubleBuffer', 'on');
axis([1 MaxG 0 10]);
hbestplot = plot(1:MaxG,zeros(1,MaxG));
htext1 = text(0.6*MaxG,0.25*10,sprintf('Fitness terbaik: %1.4f', 0.0));
htext2 = text(0.6*MaxG,0.20*10,sprintf('Racor Fuel Filter: %1.0fP', 0.0));
htext3 = text(0.6*MaxG,0.15*10,sprintf('Fuel Filter Separator: %1.0fP',
0.0));
htext4 = text(0.6*MaxG,0.10*10,sprintf('Coolant Filter: %1.0fP', 0.0));
htext5 = text(0.6*MaxG,0.05*10,sprintf('Air Filter: %1.0fP', 0.0));
xlabel('Generasi');
ylabel('Fitness Terbaik');

```

```
hold off
drawnow;

% Inisialisasi populasi
Populasi = InisialisasiPopulasi(UkPop,JumGen);

% Loop evolusi
for generasi=1:MaxG,
    x = DekodekanKromosom(Populasi(1,:),Nvar,Nbit,Ra,Rb);
    Fitness(1) = EvaluasiIndividu(x);
    MaxF = Fitness(1);
    MinF = Fitness(1);
    IndeksIndividuTerbaik = 1;
    for ii=4:UkPop,
        Kromosom = Populasi(ii,:);
        x = DekodekanKromosom(Kromosom,Nvar,Nbit,Ra,Rb);
        Fitness(ii) = EvaluasiIndividu(x);
        if (Fitness(ii) > MaxF),
            MaxF = Fitness(ii);
            IndeksIndividuTerbaik = ii;
            BestX = x;
        end
        if (Fitness(ii) < MinF),
            MinF = Fitness(ii);
        end
    end
end
```

```

    end
end

% Penanganan grafis 2D
plotvector = get(hbestplot,'YData');
plotvector(generasi) = MaxF;
set(hbestplot,'YData',plotvector);
set(htext1,'String',sprintf('Fitness terbaik: %1.4f', MaxF));
set(htext2,'String',sprintf('Racor Fuel Filter: %1.0fP', BestX(1)));
set(htext3,'String',sprintf('Fuel Filter Separator: %1.0fP', BestX(2)));
set(htext4,'String',sprintf('Coolant Filter: %1.0fP', BestX(3)));
set(htext5,'String',sprintf('Air Filter: %1.0fP', BestX(4)));
drawnow

TempPopulasi = Populasi;

% Elitisme:
% - Buat satu kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi ganjil
% - Buat dua kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi genap
if mod(UkPop,2)==0, % ukuran populasi genap
    IterasiMulai = 3;
    TempPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TempPopulasi(2,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
else
    IterasiMulai = 2;
    TempPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TempPopulasi(2,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
end

```

```

else                                % ukuran populasi ganjil
    IterasiMulai = 2;
    TempPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
end

LinearFitness = LinearFitnessRanking(UkPop,Fitness,MaxF,MinF);

% Roulette-wheel selection dan pindah silang
for jj=IterasiMulai:2:UkPop,
    IP1 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    IP2 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    if (rand < Psilang),
        Anak = PindahSilang(Populasi(IP1,:),Populasi(IP2,:),JumGen);
        TempPopulasi(jj,:) = Anak(1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Anak(2,:);
    else
        TempPopulasi(jj,:) = Populasi(IP1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Populasi(IP2,:);
    end
end

% Mutasi dilakukan pada semua kromosom
for kk=IterasiMulai:UkPop,
    TempPopulasi(kk,:) = Mutasi(TempPopulasi(kk,:),JumGen,Pmutasi);

```

```
end

% Generational Replacement: mengganti semua kromosom sekaligus
Populasi = TempPopulasi;

end
```

## C.2. Observasi Parameter *Genetic Algorithm*

### C.2.a. Listing Program

```
%=====
Mencari parameter optimal: ukuran populasi, probabilitas pindah silang,
% dan probabilitas mutasi
% Pencarian parameter optimal dilakukan dengan mengkombinasikan ketiga
% parameter tersebut
=====
```

```
clc % Me-refresh command window
clear all % Menghapus semua semua variabel yang aktif
```

```

Nvar      = 4;           % Jumlah variabel pada fungsi yang dioptimasi
Nbit      = 2;           % Jumlah bit yang mengkodekan satu variabel
JumGen    = Nbit*Nvar;   % Jumlah gen dalam kromosom
Rb        = 0;           % Batas bawah interval
Ra        = 4;           % Batas atas interval

MaxJumInd = 500;         % Jumlah individu maksimum yang dievaluasi

ObUkPop = [25 50 75 100 125 150 175 200];
ObPsilang = [0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1];
ObPmutasi = [0.01 0.025 0.05 0.075 0.1 0.125 0.15 0.175 0.2];

ObData = [] ;             % Data hasil observasi

for ukp=1:length(ObUkPop),
    UkPop = ObUkPop(ukp);
    MaxG = fix(MaxJumInd/UkPop);
    for ps=1:length(ObPsilang),
        Psilang = ObPsilang (ps);
        for pm=1:length(ObPmutasi),
            Pmutasi = ObPmutasi(pm);
            for observasi=1:50, % Running sebanyak 50 kali
                UkPop, Psilang, Pmutasi, observasi,

```

```

% Inisialisasi populasi
Populasi = InisialisasiPopulasi(UkPop,JumGen);

% Loop evolusi
for generasi=1:MaxG,
    x = DekodekanKromosom(Populasi(1,:),Nvar,Nbit,Ra,Rb);
    Fitness(1) = EvaluasiIndividu(x);
    MaxF = Fitness(1);
    MinF = Fitness(1);
    IndeksIndividuTerbaik = 1;
    for ii=4:UkPop,
        Kromosom = Populasi(ii,:);
        x = DekodekanKromosom(Kromosom,Nvar,Nbit,Ra,Rb);
        Fitness(ii) = EvaluasiIndividu(x);
        if (Fitness(ii) > MaxF),
            MaxF = Fitness(ii);
            IndeksIndividuTerbaik = ii;
            BestX = x;
        end
        if (Fitness(ii) < MinF),
            MinF = Fitness(ii);
        end
    end
end

```

```

TempPopulasi = Populasi;

% Elitisme:
% - Buat satu copy kromosom terbaik jika populasi ganjil
% - Buat dua copy kromosom terbaik jika populasi genap
if mod(UkPop,2)==0, % ukuran populasi genap
    IterasiMulai = 3;
    TempPopulasi(1,:)= Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TempPopulasi(2,:)= Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
else % ukuran populasi ganjil
    IterasiMulai = 2;
    TempPopulasi(1,:)= Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
end

LinearFitness = LinearFitnessRanking...
(UkPop,Fitness,MaxF,MinF);

% Roulette-wheel selection dan pindah silang
for jj=IterasiMulai:0:UkPop,
IP1 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
IP2 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
if (rand < Psilang),

```

```

        Anak = PindahSilang(Populasi(IP1,:),...
            Populasi(IP2,:),JumGen);
        TempPopulasi(jj,:) = Anak(1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Anak(2,:);
    else
        TempPopulasi(jj,:) = Populasi(IP1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Populasi(IP2,:);
    end
end

% Mutasi dilakukan pada semua kromosom
for kk=IterasiMulai:UkPop,
    TempPopulasi(kk,:) = Mutasi(TempPopulasi(kk,:), ...
        JumGen,Pmutasi);
end

% Generational Replacement: mengganti semua kromosom
Populasi = TempPopulasi;

% Jumlah individu yang dievaluasi
JumIndData(observasi) = MaxG*UkPop;
MaxFData(observasi) = MaxF;
end % loop evolusi

```

```

    end % loop observasi
    ObData = [ObData ; [UkPop Psilang Pmutasi mean(MaxFData) ...
                      mean(JumIndData) ]];
end
end
end

save ObData.mat ObData

clc % me-refresh layar
disp(['Mencari nilai optimal: Uk. Pop,, Prob. P.Silang, dan Prob. Mutasi ']);
disp(['Jumlah maksimum individu yang dievaluasi adalah ', ...
      num2str(MaxJumInd)]);
disp(['-----']);
disp([' Ukuran      Prob.      Prob.      Rata-rata      Rata-rata']);
disp(['Populasi   Mutasi   Pindah Silang   Fitness   Jum. Ind.']);
disp(['-----']);

for ii=1:length(ObData(:,1)),
    disp([' ', num2str(ObData(ii,1)), ' ', num2str(ObData(ii,2)), ...
          ' ', num2str(ObData(ii,3)), ' ', num2str(ObData(ii,4)), ...
          ' ', num2str(ObData(ii,5))]);
end
disp(['-----']);

```

### C.2.b. Hasil Observasi

Observasi mencari paremeter GA paling optimum dilakukan dengan mengkombinasikan kemungkinan ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi berikut:

a. Ukuran Populasi

25 atau 50 atau 75 atau 100 atau 125 atau 150 atau 175 atau 200

b. Probabilitas Pindah Silang

0,5 atau 0,6 atau 0,7 atau 0,8 atau 0,9 atau 1

c. Probabilitas Mutasi

0,01 atau 0,025 atau 0,05 atau 0,075 atau 0,1 atau 0,125 atau 0,15 atau 0,175 atau 0,2

Untuk memastikan bahwa nilai *fitness* adalah yang paling tinggi, maka setiap kombinasi dijalankan sebanyak 50 kali. Sehingga diperoleh hasil observasi sebanyak 432 kombinasi.

Kombinasi yang Ke-	Ukuran Populasi	Prob. Pindah Silang	Prob. Mutasi	Fitness	Jumlah Individu Dievaluasi
1	25	0,5	0,01	7,2439875	500
2	25	0,5	0,025	7,3932976	500
3	25	0,5	0,05	7,4808065	500
4	25	0,5	0,075	7,5660715	500
5	25	0,5	0,1	7,557834	500
6	25	0,5	0,125	7,5733694	500
7	25	0,5	0,15	7,5853265	500
8	25	0,5	0,175	7,5790822	500
9	25	0,5	0,2	7,5879528	500
10	25	0,6	0,01	6,9420542	500
11	25	0,6	0,025	7,3703077	500
12	25	0,6	0,05	7,4833029	500
13	25	0,6	0,075	7,5494522	500
14	25	0,6	0,1	7,5754093	500

15	25	0,6	0,125	7,5978189	500
16	25	0,6	0,15	7,5940074	500
17	25	0,6	0,175	7,6013878	500
18	25	0,6	0,2	7,6076769	500
19	25	0,7	0,01	7,2452252	500
20	25	0,7	0,025	7,4512417	500
21	25	0,7	0,05	7,5422956	500
22	25	0,7	0,075	7,5165412	500
23	25	0,7	0,1	7,5768695	500
24	25	0,7	0,125	7,5712986	500
25	25	0,7	0,15	7,5818025	500
26	25	0,7	0,175	7,5954781	500
27	25	0,7	0,2	7,5996074	500
28	25	0,8	0,01	7,2737727	500
29	25	0,8	0,025	7,374491	500
30	25	0,8	0,05	7,4934727	500
31	25	0,8	0,075	7,5520524	500
32	25	0,8	0,1	7,5682476	500
33	25	0,8	0,125	7,5916604	500
34	25	0,8	0,15	7,5837171	500
35	25	0,8	0,175	7,5887728	500
36	25	0,8	0,2	7,6015425	500
37	25	0,9	0,01	7,295296	500
38	25	0,9	0,025	7,4034143	500
39	25	0,9	0,05	7,4859427	500
40	25	0,9	0,075	7,573925	500
41	25	0,9	0,1	7,5683862	500
42	25	0,9	0,125	7,5845128	500
43	25	0,9	0,15	7,5946743	500
44	25	0,9	0,175	7,5903109	500

45	25	0,9	0,2	7,6011183	500
46	25	1	0,01	7,2209641	500
47	25	1	0,025	7,3849335	500
48	25	1	0,05	7,5185761	500
49	25	1	0,075	7,5691633	500
50	25	1	0,1	7,5654377	500
51	25	1	0,125	7,5755617	500
52	25	1	0,15	7,5994767	500
53	25	1	0,175	7,6101911	500
54	25	1	0,2	7,6011183	500
55	50	0,5	0,01	7,34262	500
56	50	0,5	0,025	7,4811547	500
57	50	0,5	0,05	7,5236658	500
58	50	0,5	0,075	7,5687999	500
59	50	0,5	0,1	7,5831505	500
60	50	0,5	0,125	7,5815231	500
61	50	0,5	0,15	7,6001417	500
62	50	0,5	0,175	7,5981045	500
63	50	0,5	0,2	7,5997381	500
64	50	0,6	0,01	7,446067	500
65	50	0,6	0,025	7,5122194	500
66	50	0,6	0,05	7,5188572	500
67	50	0,6	0,075	7,5432207	500
68	50	0,6	0,1	7,5677911	500
69	50	0,6	0,125	7,5853507	500
70	50	0,6	0,15	7,5930085	500
71	50	0,6	0,175	7,6045323	500
72	50	0,6	0,2	7,6045404	500
73	50	0,7	0,01	7,400848	500
74	50	0,7	0,025	7,5142778	500

75	50	0,7	0,05	7,5409025	500
76	50	0,7	0,075	7,6076849	500
77	50	0,7	0,1	7,5900348	500
78	50	0,7	0,125	7,5849471	500
79	50	0,7	0,15	7,6045404	500
80	50	0,7	0,175	7,6013797	500
81	50	0,7	0,2	7,6060433	500
82	50	0,8	0,01	7,4186013	500
83	50	0,8	0,025	7,5077311	500
84	50	0,8	0,05	7,5651809	500
85	50	0,8	0,075	7,5726162	500
86	50	0,8	0,1	7,5854895	500
87	50	0,8	0,125	7,5853507	500
88	50	0,8	0,15	7,6046711	500
89	50	0,8	0,175	7,6027519	500
90	50	0,8	0,2	7,6142677	500
91	50	0,9	0,01	7,3787155	500
92	50	0,9	0,025	7,4529803	500
93	50	0,9	0,05	7,5401791	500
94	50	0,9	0,075	7,5502845	500
95	50	0,9	0,1	7,582096	500
96	50	0,9	0,125	7,5900268	500
97	50	0,9	0,15	7,5966014	500
98	50	0,9	0,175	7,5931553	500
99	50	0,9	0,2	7,5979657	500
100	50	1	0,01	7,4151986	500
101	50	1	0,025	7,5073984	500
102	50	1	0,05	7,5396927	500
103	50	1	0,075	7,5820432	500
104	50	1	0,1	7,5788108	500

105	50	1	0,125	7,5946824	500
106	50	1	0,15	7,5945275	500
107	50	1	0,175	7,6063127	500
108	50	1	0,2	7,6126099	500
109	75	0,5	0,01	7,4857991	450
110	75	0,5	0,025	7,5025593	450
111	75	0,5	0,05	7,5222094	450
112	75	0,5	0,075	7,559218	450
113	75	0,5	0,1	7,5717735	450
114	75	0,5	0,125	7,6010861	450
115	75	0,5	0,15	7,5999076	450
116	75	0,5	0,175	7,5946663	450
117	75	0,5	0,2	7,6043774	450
118	75	0,6	0,01	7,4571547	450
119	75	0,6	0,025	7,5103907	450
120	75	0,6	0,05	7,5647933	450
121	75	0,6	0,075	7,5771263	450
122	75	0,6	0,1	7,5834442	450
123	75	0,6	0,125	7,5961692	450
124	75	0,6	0,15	7,5968503	450
125	75	0,6	0,175	7,6093346	450
126	75	0,6	0,2	7,5912361	450
127	75	0,7	0,01	7,4401413	450
128	75	0,7	0,025	7,5198015	450
129	75	0,7	0,05	7,537274	450
130	75	0,7	0,075	7,5715103	450
131	75	0,7	0,1	7,5901655	450
132	75	0,7	0,125	7,5930408	450
133	75	0,7	0,15	7,5952167	450
134	75	0,7	0,175	7,6012571	450

135	75	0,7	0,2	7,5946743	450
136	75	0,8	0,01	7,4610511	450
137	75	0,8	0,025	7,4796261	450
138	75	0,8	0,05	7,5530868	450
139	75	0,8	0,075	7,5645467	450
140	75	0,8	0,1	7,5879609	450
141	75	0,8	0,125	7,5811341	450
142	75	0,8	0,15	7,6011183	450
143	75	0,8	0,175	7,5874327	450
144	75	0,8	0,2	7,5902837	450
145	75	0,9	0,01	7,4620692	450
146	75	0,9	0,025	7,5161337	450
147	75	0,9	0,05	7,5677992	450
148	75	0,9	0,075	7,5818025	450
149	75	0,9	0,1	7,5755133	450
150	75	0,9	0,125	7,5840478	450
151	75	0,9	0,15	7,591391	450
152	75	0,9	0,175	7,6208343	450
153	75	0,9	0,2	7,6060433	450
154	75	1	0,01	7,4075552	450
155	75	1	0,025	7,5166614	450
156	75	1	0,05	7,5467476	450
157	75	1	0,075	7,5679767	450
158	75	1	0,1	7,575273	450
159	75	1	0,125	7,5793392	450
160	75	1	0,15	7,5880997	450
161	75	1	0,175	7,5968745	450
162	75	1	0,2	7,5965855	450
163	100	0,5	0,01	7,4453184	500
164	100	0,5	0,025	7,546693	500

165	100	0,5	0,05	7,5679539	500
166	100	0,5	0,075	7,5743979	500
167	100	0,5	0,1	7,5961772	500
168	100	0,5	0,125	7,5933102	500
169	100	0,5	0,15	7,5961772	500
170	100	0,5	0,175	7,5979496	500
171	100	0,5	0,2	7,6175429	500
172	100	0,6	0,01	7,4775765	500
173	100	0,6	0,025	7,5655339	500
174	100	0,6	0,05	7,5655679	500
175	100	0,6	0,075	7,5880835	500
176	100	0,6	0,1	7,588377	500
177	100	0,6	0,125	7,5855341	500
178	100	0,6	0,15	7,6076769	500
179	100	0,6	0,175	7,6044016	500
180	100	0,6	0,2	7,612626	500
181	100	0,7	0,01	7,5022967	500
182	100	0,7	0,025	7,5631579	500
183	100	0,7	0,05	7,5378692	500
184	100	0,7	0,075	7,5928778	500
185	100	0,7	0,1	7,5827244	500
186	100	0,7	0,125	7,6034411	500
187	100	0,7	0,15	7,6109682	500
188	100	0,7	0,175	7,6027438	500
189	100	0,7	0,2	7,6076849	500
190	100	0,8	0,01	7,5241415	500
191	100	0,8	0,025	7,547532	500
192	100	0,8	0,05	7,537585	500
193	100	0,8	0,075	7,5915217	500
194	100	0,8	0,1	7,5716942	500

195	100	0,8	0,125	7,6060352	500
196	100	0,8	0,15	7,6012409	500
197	100	0,8	0,175	7,607693	500
198	100	0,8	0,2	7,6067244	500
199	100	0,9	0,01	7,495685	500
200	100	0,9	0,025	7,5232823	500
201	100	0,9	0,05	7,5664591	500
202	100	0,9	0,075	7,5867355	500
203	100	0,9	0,1	7,5984271	500
204	100	0,9	0,125	7,5864338	500
205	100	0,9	0,15	7,606382	500
206	100	0,9	0,175	7,6191845	500
207	100	0,9	0,2	7,6011022	500
208	100	1	0,01	7,5081106	500
209	100	1	0,025	7,5580105	500
210	100	1	0,05	7,5918152	500
211	100	1	0,075	7,5786727	500
212	100	1	0,1	7,5949598	500
213	100	1	0,125	7,6027438	500
214	100	1	0,15	7,6076769	500
215	100	1	0,175	7,5963079	500
216	100	1	0,2	7,6094653	500
217	125	0,5	0,01	7,5249071	500
218	125	0,5	0,025	7,5298728	500
219	125	0,5	0,05	7,566467	500
220	125	0,5	0,075	7,5936977	500
221	125	0,5	0,1	7,6060433	500
222	125	0,5	0,125	7,5893071	500
223	125	0,5	0,15	7,6142677	500
224	125	0,5	0,175	7,5946743	500

225	125	0,5	0,2	7,6142677	500
226	125	0,6	0,01	7,5274031	500
227	125	0,6	0,025	7,5437489	500
228	125	0,6	0,05	7,5912182	500
229	125	0,6	0,075	7,5827163	500
230	125	0,6	0,1	7,5970052	500
231	125	0,6	0,125	7,6076769	500
232	125	0,6	0,15	7,5995993	500
233	125	0,6	0,175	7,5994686	500
234	125	0,6	0,2	7,6012329	500
235	125	0,7	0,01	7,4872199	500
236	125	0,7	0,025	7,5331114	500
237	125	0,7	0,05	7,5726162	500
238	125	0,7	0,075	7,5964467	500
239	125	0,7	0,1	7,6050747	500
240	125	0,7	0,125	7,6028826	500
241	125	0,7	0,15	7,606174	500
242	125	0,7	0,175	7,6093346	500
243	125	0,7	0,2	7,611107	500
244	125	0,8	0,01	7,4907246	500
245	125	0,8	0,025	7,5786498	500
246	125	0,8	0,05	7,5697138	500
247	125	0,8	0,075	7,5825288	500
248	125	0,8	0,1	7,5968665	500
249	125	0,8	0,125	7,6126099	500
250	125	0,8	0,15	7,60276	500
251	125	0,8	0,175	7,602768	500
252	125	0,8	0,2	7,5963241	500
253	125	0,9	0,01	7,5217245	500
254	125	0,9	0,025	7,5411446	500

255	125	0,9	0,05	7,564524	500
256	125	0,9	0,075	7,5897252	500
257	125	0,9	0,1	7,5954943	500
258	125	0,9	0,125	7,59973	500
259	125	0,9	0,15	7,6208343	500
260	125	0,9	0,175	7,6099997	500
261	125	0,9	0,2	7,6158932	500
262	125	1	0,01	7,5195723	500
263	125	1	0,025	7,5503119	500
264	125	1	0,05	7,5869275	500
265	125	1	0,075	7,5758929	500
266	125	1	0,1	7,5855905	500
267	125	1	0,125	7,5902757	500
268	125	1	0,15	7,5982592	500
269	125	1	0,175	7,6044016	500
270	125	1	0,2	7,594805	500
271	150	0,5	0,01	7,557148	450
272	150	0,5	0,025	7,5547885	450
273	150	0,5	0,05	7,5664591	450
274	150	0,5	0,075	7,5752506	450
275	150	0,5	0,1	7,5867275	450
276	150	0,5	0,125	7,5994686	450
277	150	0,5	0,15	7,5920722	450
278	150	0,5	0,175	7,60276	450
279	150	0,5	0,2	7,6060513	450
280	150	0,6	0,01	7,5632698	450
281	150	0,6	0,025	7,5757608	450
282	150	0,6	0,05	7,5756154	450
283	150	0,6	0,075	7,5994605	450
284	150	0,6	0,1	7,5916926	450

285	150	0,6	0,125	7,5997381	450
286	150	0,6	0,15	7,6060513	450
287	150	0,6	0,175	7,5978189	450
288	150	0,6	0,2	7,6093346	450
289	150	0,7	0,01	7,5107909	450
290	150	0,7	0,025	7,5639895	450
291	150	0,7	0,05	7,5682234	450
292	150	0,7	0,075	7,5835989	450
293	150	0,7	0,1	7,594805	450
294	150	0,7	0,125	7,6010941	450
295	150	0,7	0,15	7,6043774	450
296	150	0,7	0,175	7,6027438	450
297	150	0,7	0,2	7,6060433	450
298	150	0,8	0,01	7,5519134	450
299	150	0,8	0,025	7,5449126	450
300	150	0,8	0,05	7,5631597	450
301	150	0,8	0,075	7,6028826	450
302	150	0,8	0,1	7,5930166	450
303	150	0,8	0,125	7,5997461	450
304	150	0,8	0,15	7,6127486	450
305	150	0,8	0,175	7,6043936	450
306	150	0,8	0,2	7,607701	450
307	150	0,9	0,01	7,5382299	450
308	150	0,9	0,025	7,5482137	450
309	150	0,9	0,05	7,5637715	450
310	150	0,9	0,075	7,5879349	450
311	150	0,9	0,1	7,596316	450
312	150	0,9	0,125	7,606174	450
313	150	0,9	0,15	7,5953232	450
314	150	0,9	0,175	7,6060594	450

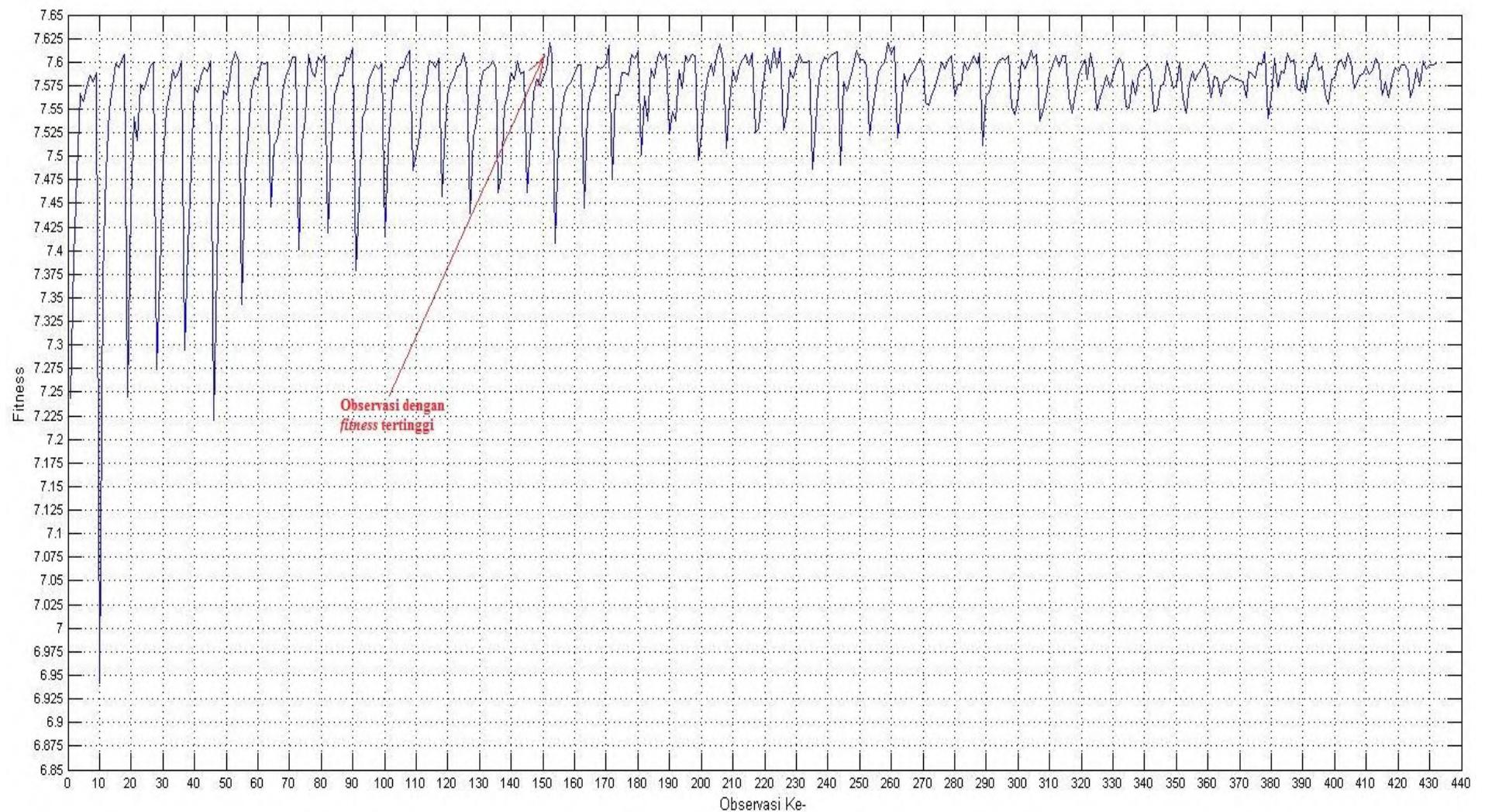
315	150	0,9	0,2	7,6063047	450
316	150	1	0,01	7,5634693	450
317	150	1	0,025	7,5455776	450
318	150	1	0,05	7,5670035	450
319	150	1	0,075	7,5856282	450
320	150	1	0,1	7,5960125	450
321	150	1	0,125	7,6027519	450
322	150	1	0,15	7,5820057	450
323	150	1	0,175	7,6086275	450
324	150	1	0,2	7,5915217	450
325	175	0,5	0,01	7,5480813	350
326	175	0,5	0,025	7,563029	350
327	175	0,5	0,05	7,5738797	350
328	175	0,5	0,075	7,5857749	350
329	175	0,5	0,1	7,5731439	350
330	175	0,5	0,125	7,5850858	350
331	175	0,5	0,15	7,5968665	350
332	175	0,5	0,175	7,6044016	350
333	175	0,5	0,2	7,5982673	350
334	175	0,6	0,01	7,552464	350
335	175	0,6	0,025	7,5518296	350
336	175	0,6	0,05	7,5800302	350
337	175	0,6	0,075	7,5652744	350
338	175	0,6	0,1	7,5871069	350
339	175	0,6	0,125	7,5919334	350
340	175	0,6	0,15	7,5933795	350
341	175	0,6	0,175	7,5985081	350
342	175	0,6	0,2	7,5900108	350
343	175	0,7	0,01	7,5470033	350
344	175	0,7	0,025	7,5496924	350

345	175	0,7	0,05	7,5742593	350
346	175	0,7	0,075	7,5768936	350
347	175	0,7	0,1	7,6012329	350
348	175	0,7	0,125	7,5886421	350
349	175	0,7	0,15	7,5722368	350
350	175	0,7	0,175	7,5761864	350
351	175	0,7	0,2	7,5994767	350
352	175	0,8	0,01	7,5614715	350
353	175	0,8	0,025	7,5464235	350
354	175	0,8	0,05	7,5770923	350
355	175	0,8	0,075	7,5902837	350
356	175	0,8	0,1	7,5808952	350
357	175	0,8	0,125	7,5871517	350
358	175	0,8	0,15	7,5922029	350
359	175	0,8	0,175	7,5994767	350
360	175	0,8	0,2	7,5884	350
361	175	0,9	0,01	7,5620463	350
362	175	0,9	0,025	7,5838398	350
363	175	0,9	0,05	7,583428	350
364	175	0,9	0,075	7,5634346	350
365	175	0,9	0,1	7,5790455	350
366	175	0,9	0,125	7,5801528	350
367	175	0,9	0,15	7,586458	350
368	175	0,9	0,175	7,5835909	350
369	175	0,9	0,2	7,5816557	350
370	175	1	0,01	7,5801528	350
371	175	1	0,025	7,5785643	350
372	175	1	0,05	7,5618282	350
373	175	1	0,075	7,5900108	350
374	175	1	0,1	7,5876493	350

375	175	1	0,125	7,5837296	350
376	175	1	0,15	7,5994686	350
377	175	1	0,175	7,5969891	350
378	175	1	0,2	7,6109844	350
379	200	0,5	0,01	7,5409642	400
380	200	0,5	0,025	7,5627274	400
381	200	0,5	0,05	7,6044016	400
382	200	0,5	0,075	7,5737539	400
383	200	0,5	0,1	7,5897333	400
384	200	0,5	0,125	7,5880997	400
385	200	0,5	0,15	7,6093266	400
386	200	0,5	0,175	7,6001498	400
387	200	0,5	0,2	7,602768	400
388	200	0,6	0,01	7,5724466	400
389	200	0,6	0,025	7,5689306	400
390	200	0,6	0,05	7,5846695	400
391	200	0,6	0,075	7,5677074	400
392	200	0,6	0,1	7,5935509	400
393	200	0,6	0,125	7,5961853	400
394	200	0,6	0,15	7,6096041	400
395	200	0,6	0,175	7,591391	400
396	200	0,6	0,2	7,5952167	400
397	200	0,7	0,01	7,5661576	400
398	200	0,7	0,025	7,5551502	400
399	200	0,7	0,05	7,5817943	400
400	200	0,7	0,075	7,5829938	400
401	200	0,7	0,1	7,5999009	400
402	200	0,7	0,125	7,6028826	400
403	200	0,7	0,15	7,5928939	400
404	200	0,7	0,175	7,6094734	400

405	200	0,7	0,2	7,6011183	400
406	200	0,8	0,01	7,5726177	400
407	200	0,8	0,025	7,5760317	400
408	200	0,8	0,05	7,58645	400
409	200	0,8	0,075	7,587115	400
410	200	0,8	0,1	7,5949759	400
411	200	0,8	0,125	7,5872699	400
412	200	0,8	0,15	7,5912523	400
413	200	0,8	0,175	7,6043936	400
414	200	0,8	0,2	7,5986307	400
415	200	0,9	0,01	7,5654578	400
416	200	0,9	0,025	7,579596	400
417	200	0,9	0,05	7,5627435	400
418	200	0,9	0,075	7,5812457	400
419	200	0,9	0,1	7,5946743	400
420	200	0,9	0,125	7,5901736	400
421	200	0,9	0,15	7,5968503	400
422	200	0,9	0,175	7,5963241	400
423	200	0,9	0,2	7,5909488	400
424	200	1	0,01	7,5626253	400
425	200	1	0,025	7,5741125	400
426	200	1	0,05	7,5930408	400
427	200	1	0,075	7,5755052	400
428	200	1	0,1	7,6012329	400
429	200	1	0,125	7,5931553	400
430	200	1	0,15	7,5969972	400
431	200	1	0,175	7,5968503	400
432	200	1	0,2	7,5986388	400

Untuk lebih mudah dalam menganalisis, berikut adalah hasil observasi dalam bentuk kurva *fitness* terhadap observasi ke- n:



### C.3. Observasi Interval *Preventive Maintenance*

Observasi interval PM dilakukan dengan menentukan batas minimal *reliability* sistem sementara sebesar 0,5. Dimana interval yang akan diobservasi adalah 50 jam, 100 jam, 150 jam, 200 jam, dan 250 jam selama 1500 jam. Sehingga diperoleh hasil observasi sebagai berikut:

- Interval 50 jam

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
50	1	1	1	1	9,7100
100	1	1	1	1	9,5729
150	1	1	1	1	9,4396
200	1	1	1	1	9,3101
250	1	1	1	1	9,1843
300	1	1	1	1	9,0621
350	1	1	1	1	8,9433
400	1	1	1	1	8,8278
450	1	1	1	0	8,7165
500	1	1	1	0	8,5689
550	1	1	1	0	8,4270
600	1	1	1	0	8,2906
650	1	1	1	0	8,1595
700	1	1	1	0	8,0335
750	1	1	0	0	7,9134
800	1	1	0	0	7,7591
850	1	1	1	1	7,5946
900	2	1	0	0	7,4207
950	1	1	1	0	7,6214
1000	1	2	0	0	7,1906
1050	1	1	0	0	7,7877
1100	1	1	1	0	7,6350

<b>1150</b>	2	1	1	1	7,2278
<b>1200</b>	1	1	2	0	7,0930
<b>1250</b>	1	1	1	0	8,0701
<b>1300</b>	1	1	0	0	7,9481
<b>1350</b>	1	1	0	0	7,7919
<b>1400</b>	1	1	1	0	7,6392
<b>1450</b>	2	1	1	1	7,2452
<b>1500</b>	1	2	0	0	6,9917
<b>Average</b>					<b>8,1725</b>

➤ Interval 100 jam

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
<b>100</b>	1	1	1	1	9,5681
<b>200</b>	1	1	1	1	9,3012
<b>300</b>	1	1	1	1	9,0494
<b>400</b>	1	1	1	1	8,8121
<b>500</b>	1	1	1	1	8,5882
<b>600</b>	1	1	1	1	8,3771
<b>700</b>	1	1	1	1	8,1780
<b>800</b>	1	1	1	1	7,9903
<b>900</b>	2	1	1	1	7,7396
<b>1000</b>	1	1	1	1	7,9094
<b>1100</b>	1	2	1	1	7,5157
<b>1200</b>	1	1	1	1	8,0754
<b>1300</b>	1	1	1	1	7,8933
<b>1400</b>	2	1	1	1	7,5162
<b>1500</b>	1	1	2	1	7,2361
<b>Average</b>					<b>8,2500</b>

➤ Interval 150 jam

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
150	1	1	1	1	9,4255
300	1	1	1	1	9,0364
450	1	1	1	1	8,6808
600	1	1	1	1	8,3558
750	2	1	1	1	7,9658
900	1	2	1	1	7,7536
1050	2	1	1	1	7,9493
1200	1	1	2	1	7,4688
1350	1	1	1	1	8,2572
1500	1	2	1	1	7,5241
				Average	8,2417

➤ Interval 200 jam

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
200	1	1	1	1	9,2823
400	1	1	1	1	8,7791
600	1	2	1	1	7,9339
800	2	1	2	1	7,5353
1000	1	2	1	1	8,0139
1200	2	2	2	1	6,5981
1400	1	1	1	2	6,8179
				Average	7,8515

➤ Interval 250 jam

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
250	2	2	1	1	8,3411
500	2	2	2	1	7,1722
750	1	1	1	2	6,7142
1000	1	2	2	1	7,4935
1250	2	2	2	1	7,1722
1500	1	1	1	2	6,7142
				Average	7,2679

➤ Rata-rata *Fitness* Setiap Interval

Interval	Fitness
50	8,1725
100	8,2500
150	8,2417
200	7,8515
250	7,2679

#### C.4. Observasi Batas *Reliability Minimal*

Hasil observasi interval PM menunjukkan bahwa rata-rata *fitness* tertinggi didapatkan saat penggunaan interval 100 jam. Kemudian untuk mencari batas minimal *reliability* sistem dilakukan observasi pemilihan batas dalam interval 100 jam dengan variasi 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, dan 0,8. Batas minimal *reliability* sistem dengan rata-rata *fitness* terbesar adalah yang dipilih sebagai solusi.

➤  $R_{s, \min} 0,4$

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
<b>100</b>	1	1	1	1	9,5681
<b>200</b>	1	1	1	1	9,3012
<b>300</b>	1	1	1	1	9,0494
<b>400</b>	1	1	1	1	8,8121
<b>500</b>	1	1	1	1	8,5882
<b>600</b>	1	1	1	1	8,3771
<b>700</b>	1	1	1	1	8,1780
<b>800</b>	1	1	1	1	7,9903
<b>900</b>	1	1	1	1	7,8132
<b>1000</b>	1	1	1	1	7,6461
<b>1100</b>	1	1	1	1	7,4886
<b>1200</b>	1	1	1	1	7,3400
<b>1300</b>	2	1	1	1	7,1728
<b>1400</b>	1	1	1	1	7,3748
<b>1500</b>	1	2	1	1	7,0966
<b>Average</b>					<b>8,1198</b>

➤  $R_{s, \min} 0,5$

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
<b>100</b>	1	1	1	1	9,5681
<b>200</b>	1	1	1	1	9,3012
<b>300</b>	1	1	1	1	9,0494
<b>400</b>	1	1	1	1	8,8121
<b>500</b>	1	1	1	1	8,5882
<b>600</b>	1	1	1	1	8,3771
<b>700</b>	1	1	1	1	8,1780

<b>800</b>	1	1	1	1	7,9903
<b>900</b>	2	1	1	1	7,7396
<b>1000</b>	1	1	1	1	7,9094
<b>1100</b>	1	2	1	1	7,5157
<b>1200</b>	1	1	1	1	8,0754
<b>1300</b>	1	1	1	1	7,8933
<b>1400</b>	2	1	1	1	7,5162
<b>1500</b>	1	1	2	1	7,2361
				<b>Average</b>	<b>8,2500</b>

➤ R<sub>s, min</sub> 0,6

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
<b>100</b>	1	1	1	1	9,5681
<b>200</b>	1	1	1	1	9,3012
<b>300</b>	1	1	1	1	9,0494
<b>400</b>	1	1	1	1	8,8121
<b>500</b>	1	1	1	1	8,5882
<b>600</b>	2	1	1	1	8,2428
<b>700</b>	1	2	1	1	8,0331
<b>800</b>	1	1	1	1	8,5634
<b>900</b>	2	1	1	1	8,1078
<b>1000</b>	1	1	2	1	7,6468
<b>1100</b>	1	1	1	1	8,5308
<b>1200</b>	1	2	1	1	7,8480
<b>1300</b>	2	1	1	1	8,1808
<b>1400</b>	1	1	2	1	7,4149
<b>1500</b>	1	2	1	1	7,7230
				<b>Average</b>	<b>8,3740</b>

➤  $R_{s, \min} 0,7$

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
100	1	1	1	1	9,5681
200	1	1	1	1	9,3012
300	2	1	1	1	8,8249
400	1	2	1	1	8,4393
500	1	1	2	1	8,1300
600	2	1	1	1	8,7600
700	1	2	1	1	8,3093
800	2	1	2	1	7,6156
900	1	1	1	2	6,9451
1000	1	1	1	1	9,3182
1100	1	1	1	1	9,0656
1200	1	2	1	1	8,3928
1300	2	1	1	1	8,7582
1400	1	1	2	1	8,1064
1500	1	2	1	1	8,4062
				Average	8,5294

➤  $R_{s, \min} 0,8$

Interval	Maintenance Type				Fitness
	Racor	Fuel	Coolant	Air	
100	2	2	1	1	9,5681
200	1	2	1	2	6,2747
300	2	1	2	1	8,2235
400	1	2	1	2	6,3406
500	2	1	2	1	8,2235
600	1	2	1	2	6,3406

<b>700</b>	2	1	2	1	8,2235
<b>800</b>	1	2	1	2	6,3406
<b>900</b>	2	1	2	1	8,2235
<b>1000</b>	1	2	1	2	6,3406
<b>1100</b>	2	1	2	1	8,2235
<b>1200</b>	1	2	1	2	6,3406
<b>1300</b>	2	1	2	1	8,2235
<b>1400</b>	1	2	1	2	6,3406
<b>1500</b>	2	1	2	1	8,2235
					<b>Average</b>
					<b>7,4301</b>

➤ Rata-rata *Fitness* Setiap  $R_{s, \text{min}}$

<b><math>R_{s, \text{min}}</math></b>	<b>Fitness</b>
<b>0,4</b>	8,1198
<b>0,5</b>	8,2500
<b>0,6</b>	8,3740
<b>0,7</b>	8,5294
<b>0,8</b>	7,4301

## C.5. Hasil Optimasi

Tujuan dari optimasi yang dilakukan yaitu menekan *total cost maintenance* seminimal mungkin namun diperoleh *reliability* yang maksimal. Optimasi akan menghasilkan kombinasi aktivitas PM pada setiap *stage*. Hasil observasi menunjukkan bahwa interval PM paling optimal adalah 100 jam dan batas minimal *reliability* sistem sebesar 0,7. Optimal atau tidaknya kombinasi yang diperoleh direpresentasikan dengan nilai *fitness* pada setiap *stage*. Dan pada setiap *stage* itulah terdapat fungsi *reliability* sistem dan *total cost maintenance* yang berafiliasi membentuk *fitness*. Berikut adalah penjabaran dari nilai *fitness* masing-masing *stage* PM:

<b>Interval</b>	<b>Reliability Sistem</b>	<b>Total Cost Maintenance (rupiah)</b>	<b>Fitness</b>
<b>100</b>	0,9434	118.200,-	9,5681
<b>200</b>	0,8900	118.200,-	9,3012
<b>300</b>	0,8653	398.400,-	8,8249
<b>400</b>	0,8683	716.100,-	8,4393
<b>500</b>	0,8767	995.400,-	8,1300
<b>600</b>	0,8523	398.400,-	8,7600
<b>700</b>	0,8422	716.100,-	8,3093
<b>800</b>	0,8444	1.275.600,-	7,6156
<b>900</b>	0,9470	2.215.800,-	6,9451
<b>1000</b>	0,8934	118.200,-	9,3182
<b>1100</b>	0,8429	118.200,-	9,0656
<b>1200</b>	0,8589	716.100,-	8,3928
<b>1300</b>	0,8520	398.400,-	8,7582
<b>1400</b>	0,8720	995.400,-	8,1064
<b>1500</b>	0,8616	716.100,-	8,4062

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*