



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISIS *RELIABILITY* SISTEM POMPA PADA
REACTOR FEED PUMP 12-P-101 DI PT
PERTAMINA RU VI BALONGAN**

Wahani Karunia Saputri
NRP 2412100 102

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT.
NIP. 19540406 198103 1 003

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

“Halaman ini memang dikosongkan”



FINAL PROJECT- TF 141581

**ANALYSIS of RELIABILITY PUMP SYSTEM IN FEED
REACTOR PUMP 12-P-101 AT PT PERTAMINA RU
VI BALONGAN**

Wahani Karunia Saputri
NRP 2412100102

Supervisor
Ir. Ya'umar, MT.
NIP. 19540406 198103 1 003

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALISIS *RELIABILITY* SISTEM POMPA PADA
REACTOR FEED PUMP 12-P-101 DI PT. PERTAMINA RU
VI BALONGAN**

TUGAS AKHIR

OLEH :

Wahani Karunia Saputri
NRP. 2412100102

Surabaya, Juli 2016
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing,



Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALISIS *RELIABILITY* SISTEM POMPA PADA
REACTOR FEED PUMP 12-P-101 DI PT. PERTAMINA RU
VI BALONGAN**

TUGAS AKHIR

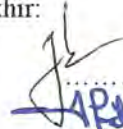



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WAHANI KARUNIA SAPUTRI

NRP. 2412 100 102

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Ya'umar, M.T  (Pembimbing)
2. Ir. Matradji, M.Sc  (Ketua Penguji)
3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  (Penguji I)
4. Bagus Tris Atmaja, ST, M.T  (Penguji II)

SURABAYA

Juli, 2016

“Halaman ini memang dikosongkan”

ANALISIS *RELIABILITY* SISTEM POMPA PADA *REACTOR FEED PUMP* 12-P-101 DI PT PERTAMINA RU VI BALONGAN

Nama Mahasiswa : Wahani Karunia Saputri
NRP : 2412100102
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ya'umar, MT.

ABSTRAK

Reactor Feed Pump 12-P-101 merupakan komponen yang penting dalam unit ARHDM dimana fluida yang berasal dari unit CDU diproses pertama kali di pompa 12-P-101 untuk didistribusikan menuju proses berikutnya. *Reactor Feed Pump* 12-P-101 telah beroperasi sejak tahun 1994 dan selama pengoperasiannya terdapat kegagalan fungsi pada sistem pompa yang menyebabkan proses produksi di unit tersebut terganggu. Sehingga perlu dilakukan analisis *reliability* sistem pompa pada *reactor feed pump* 12-P-101. Pada penelitian ini, analisis *reliability* menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif digunakan dengan menghitung nilai *reliability* masing-masing komponen berdasarkan probabilitas kegagalannya dan metode RBD digunakan untuk menghitung nilai *reliability* sistem. Analisa kualitatif digunakan metode FTA dan FMEA untuk mengetahui penyebab dasar kegagalan masing-masing komponen pada *reactor feed pump* 12-P-101. Hasil analisa kuantitatif menunjukkan semua komponen BPCS dan SIS pada *reactor feed pump* 12-P-101 memiliki *availability* tinggi, yaitu 99,9%. Sistem *reactor feed pump* mencapai nilai *reliability* 0,8 pada waktu 800 jam dan memiliki *availability* sebesar 99,84%. Rekomendasi *maintenance* berupa *preventive maintenance* diberikan pada komponen yang memiliki *failure rate* IFR/DFR, yaitu FT 030, FIC 030, FV 030, dan HV 029.

Kata Kunci : *Reactor Feed Pump* 12-P-101, *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, BPCS, SIS, *Preventive Maintenance*.

“Halaman ini memang dikosongkan”

***ANALYSIS OF RELIABILITY PUMP SYSTEM IN REACTOR
FEED PUMP 12-P-101 AT PT. PERTAMINA RU VU
BALONGAN***

***Name of Student : Wahani Karunia Saputri
NRP : 2412100102
Major : Engineering Physics ITS
Advisor : Ir. Ya'umar, MT.***

ABSTRACT

Reactor Feed Pump 12-P-101 is the essential component in ARHDM unit which the fluid comes from CDU unit and it is firstly proceed in the pump 12-P-101. The pump distributes the fluid to several process vessels in ARHDM unit. Reactor feed pump 12-P-101 has been operating since 1994 and there have been several failures during the operation time. Therefore, it should be analyzed the reliability of reactor feed pump 12-P-101. In this research, the analysis used both the quantitative and qualitative method. The quantitative method was used to calculate the component reliability based on the probability density function and the RBD method was used to determine the system reliability. The qualitative method was used to determine the component basic event of failure in the reactor feed pump 12-P-101. The result showed that all the BPCS and SIS components have high availability 99.9%. The reactor feed pump system has the reliability 0.8 at the operation time is 800 hours and the availability is 99.84%. The maintenance recommendation such as preventive maintenance is given to the component having IFR/DFR failure; there are FT 030, FIC 030, FV 030, and HV 029.

Keywords: *Reactor Feed Pump 12-P-101, Reliability, Availability, Maintainability, BPCS, SIS, Preventive Maintenance.*

“Halaman ini memang dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT., karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisa *Reliability* Sistem Pompa Pada *Reactor Feed Pump* 12-P-101 di PT. Pertamina RU VI Balongan”

Pada kesempatan kali ini, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Ir. Ya’umar, MT selaku pembimbing tugas akhir, yang telah membimbing dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Renaldi selaku *section head Reliability* di PT. Pertamina RU VI Balongan, yang telah membimbing dan membantu penulis selama pengumpulan data Tugas Akhir
4. Ibu Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT. selaku dosen wali, yang telah membimbing selama masa perkuliahan di Teknik Fisika
5. Papa, Mama, Mbak Lusy, Dini, Mas Hariadi, Iqbal, Zain dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa.
6. Sahabat-sahabat yang terkasih, Rinanda, Eldisa, Kiky, dan Nurul. Terimakasih atas doa, dukungan dan kebersamaan yang telah diberikan.
7. Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika FTI-ITS (Mas Jordy, Mbak Nadhifa, Mbak Wilujeng, Sanif, Afian, Heru, Alan, Okky, Jamal, Angel, Lufi, Aulia, Ajeng, Maya, Santi, Siti, Fajar, Natsir, Riszal, Rizky, Febryn, Ilham, Firman). Terima kasih atas dukungannya
8. Teman-teman Teknik Fisika angkatan 2012 yang saya tidak dapat sebutkan satu persatu. Terimakasih atas semuanya.

Akhir kata penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun untuk penelitian berikutnya.

“Halaman ini memang dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Pompa Sentrifugal	5
2.2 <i>Basic Process Control System (BPCS)</i>	6
2.3 <i>Safety Instrumented System (SIS)</i>	7
2.4 <i>Reliability (Keandalan)</i>	8
2.5 <i>Maintainability</i>	9
2.6 <i>Availability</i>	9
2.7 <i>FMEA (Failure Mode Effect and Analysis)</i>	10
2.8 <i>FTA (Fault Tree Analysis)</i>	11
2.9 <i>Failure Rate (λ)</i>	12
2.10 Distribusi Data Waktu Kegagalan	13
2.11 <i>Maintenance (Perawatan)</i>	20
2.12 <i>Reliability Block Diagram (RBD)</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tinjauan <i>Plant Reactor Feed Pump 12-P-101</i>	26
3.2 Pengambilan Data <i>Maintenance</i>	27
3.3 Pengolahan Data dan Penentuan Distribusi	27

3.4	Perhitungan <i>Reliability</i> , <i>Availability</i> , dan <i>Maintainability</i> Tiap Instrument.....	31
3.5	Analisa <i>Reliability</i> Tiap <i>Instrument</i>	31
3.6	Analisa <i>Reliability</i> Sistem <i>Feed Pump</i> 12-P-101	32
3.7	Analisa Kualitatif dengan Metode FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) dan FMEA (<i>Failure Mode Effect and Analysis</i>).....	32
3.8	Kesimpulan dan Saran	33
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Analisa Kuantitatif.....	35
4.2	Analisa Kualitatif.....	61
4.3	Rekomendasi <i>Maintenance</i>	64
BAB V	PENUTUP.....	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi Pompa Sentrifugal	5
Gambar 2.2 <i>Safety Instrumented System (SIS)</i>	7
Gambar 2.3 <i>FMEA Worksheet</i>	10
Gambar 2.4 Simbol-simbol pada <i>Fault Tree Analysis</i>	11
Gambar 2.5 <i>Bathing Curve</i>	12
Gambar 2.6 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Eksponensial	14
Gambar 2.7 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Weibull	16
Gambar 2.8 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Lognormal	17
Gambar 2.9 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Normal.....	19
Gambar 2.10 Grafik Keandalan Sistem dengan <i>Preventive Maintenance</i>	21
Gambar 2.11 Konfigurasi RBD sistem secara seri.....	22
Gambar 2.12 Konfigurasi RBD sistem secara parallel	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	25
Gambar 3.2 P&ID <i>Feed Reactor Pump 12-P-101</i>	26
Gambar 3.3 Langkah 1 Penentuan Distribusi dengan Weibull	28
Gambar 3.4 Langkah 2 Penentuan Distribusi dengan Weibull	29
Gambar 3.5 Langkah 3 Penentuan Distribusi dengan Weibull	29
Gambar 3.6 Langkah 4 Penentuan Distribusi dengan Weibull	30
Gambar 3.7 Langkah 5 Penentuan Distribusi dengan Weibull	31
Gambar 4.1 Grafik Laju Kegagalan FT 030	36
Gambar 4.2 Grafik <i>Reliability</i> FT 030.....	37
Gambar 4.3 Grafik <i>Maintainability</i> FT 030.....	38
Gambar 4.4 Grafik Reliability untuk Preventive Maintenance FT 030	39
Gambar 4.5 Grafik <i>Reliability</i> FY 030	41
Gambar 4.6 Grafik <i>Maintainability</i> FY 030	42
Gambar 4.7 Grafik Laju Kegagalan FIC 030.....	44
Gambar 4.8 Grafik <i>Reliability</i> FIC 030	45
Gambar 4.9 Grafik <i>Maintainability</i> FIC 030	46

Gambar 4.10 Grafik <i>Reliability</i> untuk <i>Preventive Maintenance</i> FIC 030	47
Gambar 4.11 Grafik Laju Kegagalan FV 030.....	48
Gambar 4.12 Grafik <i>Reliability</i> FV 030	49
Gambar 4.13 Grafik <i>Maintainability</i> FV 030	50
Gambar 4.14 Grafik <i>Reliability</i> untuk <i>Preventive Maintenance</i> FV 030	51
Gambar 4.15 Grafik <i>Reliability</i> Interlock USD	53
Gambar 4.16 Grafik <i>Maintainability</i> Interlock USD	54
Gambar 4.17 Grafik Laju Kegagalan HV 029	56
Gambar 4.18 Grafik <i>Reliability</i> HV 029.....	57
Gambar 4.19 Grafik <i>Maintainability</i> HV 029.....	58
Gambar 4.20 Grafik <i>Reliability</i> untuk <i>Preventive Maintenance</i> HV 029.....	59
Gambar 4.21 Grafik <i>Reliability</i> Sistem <i>Reactor Feed Pump</i> 12-P- 101	60
Gambar 4.22 Grafik <i>Unreliability</i> Sistem <i>Reactor Feed Pump</i> 12- P-101	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Shape Parameter Weibull</i>	15
Tabel 3.1 Tabel Tinjauan BPCS pada <i>Feed Pump</i> 12-P-101	27
Tabel 3.2 Tabel Tinjauan SIF pada <i>Feed Pump</i> 12-P-101	27
Tabel 4.1 Data <i>Daily Report Maintenance</i> FT 030.....	35
Tabel 4.2 Data <i>Daily Report Maintenance</i> FY 030.....	40
Tabel 4.3 Data <i>Daily Report Maintenance</i> FIC 030	43
Tabel 4.4 Data <i>Daily Report Maintenance</i> FV 030	48
Tabel 4.5 Data <i>Daily Report Maintenance</i> Interlock USD	52
Tabel 4.6 Data <i>Daily Report Maintenance</i> HV 029.....	56
Tabel 4.7 Data <i>Unreliability</i> Komponen Sistem <i>Reactor Feed Pump</i> 12-P-101 Pada 8760 jam.....	62
Tabel 4.8 Rekomendasi <i>Maintenance</i> Komponen Instrumen <i>Reactor Feed Pump</i> 12-P-101.....	65

“Halaman ini memang dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

BPCS	= <i>basic program control system</i>
CFR	= <i>constant failure rate</i>
DFR	= <i>decrease failure rate</i>
FTA	= <i>Fault Tree Analysis</i>
IFR	= <i>increase failure rate</i>
MTBF	= <i>mean time before failure</i>
MTTF	= <i>mean time to failure</i>
MTTR	= <i>mean time to repair</i>
RBD	= <i>Reliability Block Diagram</i>
FMEA	= <i>Failure Mode Effect Analysis</i>
SIS	= <i>safety instrumented system</i>
$A(t)$	= <i>availability terhadap waktu</i>
$F(t)$	= <i>fungsi kegagalan</i>
$M(t)$	= <i>maintainability terhadap waktu</i>
PM	= <i>preventive maintenance</i>
$R(t)$	= <i>reliability terhadap waktu</i>
$Q(t)$	= <i>unreliability terhadap waktu</i>
λ	= <i>laju kegagalan (failure rate)</i>
β	= <i>shape parameter</i>
θ	= <i>scale parameter</i>
σ	= <i>standar deviation</i>
μ	= <i>mean</i>

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit VI Balongan merupakan perusahaan kilang minyak yang mengolah minyak mentah (*crude oil*) menjadi bentuk-bentuk bahan bakar minyak (BBM), *non-crude oil* BBM dan petrokimia. Bahan baku yang diolah pada RU VI ini adalah minyak mentah yang berasal dari Duri dan Minas Riau. [1]

Reactor Feed Pump 12-P-101 telah beroperasi sejak tahun 1995 dan telah memiliki waktu operasi yang panjang. *Reactor Feed Pump* merupakan salah satu komponen penting dalam unit *Atmospheric Residue Hydrodematization* (ARHDM) dimana pompa ini mengalirkan fluida yang berasal dari unit CDU untuk diproses menuju *reactor* dan separator yang terdapat di unit ARHDM. Selama waktu operasinya, telah terjadi kegagalan alat serta fungsi *instrument* yang menyebabkan kinerja sistem pompa menurun. Kegagalan tersebut mengakibatkan proses produksi terganggu jika terjadi *trip/shutdown*.

Masalah-masalah yang terjadi pada pompa adalah vibrasi yang terlalu tinggi. Vibrasi disebabkan proses *alignment* pompa dengan motor listrik tidak tepat, sehingga mengakibatkan balancing *drum aus* dan *bearing* pecah. Masalah lain yang terdapat pada pompa adalah gangguan fluida. Gangguan fluida terjadi karena adanya perubahan viskositas fluida atau perubahan suhu fluida. Gangguan fluida menyebabkan penyimpangan *properties* pompa dan dapat terjadi kavitasi, sehingga komponen-komponen pompa memiliki *life time* rendah. Sehingga, diperlukan sistem pengendalian dan *monitoring* aliran fluida yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. [2]

Basic Process Control System (BPCS) berfungsi sebagai pengendalian suatu sistem proses yang terintegrasi dengan *Safety Instrumented System* (SIS). Ketika BPCS gagal menjalankan fungsinya, maka peran SIS akan mengamankan sistem yang menyebabkan *plant shutdown*. [3] Peran BPCS dan SIS yang

penting ini menjadi landasan dasar dalam melakukan evaluasi *reliability* pada *Reactor Feed Pump* 12-P-101.

Pada penelitian kali ini, dilakukan analisa *reliability* pada sistem pompa yang terdiri atas BPCS dan SIS pada *Reactor Feed Pump* 12-P-101 PT. Pertamina RU VI Balongan. Analisa dilakukan dengan menggunakan analisa kualitatif *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui urutan kegagalan dan penyebab kegagalan dari BPCS dan SIS. Selain itu, analisa kuantitatif digunakan dengan menghitung nilai *reliability* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya, sehingga didapatkan *life cycle/* periode waktu komponen-komponen BPCS dan SIS tersebut handal pada nilai *reliability* yang ditetapkan.

Dengan melakukan evaluasi *reliability* dari BPCS dan SIS yang terdapat pada *reactor feed pump* 12-P-101, maka dapat dilakukan rekomendasi strategi *maintenance* yang tepat agar peralatan *instrument* dapat terawat dengan baik. Strategi *maintenance* dapat berupa *preventive maintenance*, inspeksi, *service*, kalibrasi, *testing*, dan *adjustment*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana *reliability* dari *Reactor Feed Pump* 12-P-101?
- b. Bagaimana menentukan strategi *maintenance* yang tepat agar *reliability* dari *Reactor Feed Pump* meningkat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

- a. Unit yang dianalisa *reliability* adalah *Reactor Feed Pump* 12-P-101.
- b. Data *maintenance* yang digunakan adalah *daily report* dari *Maintenance Area 2* PT Pertamina RU VI Balongan dari bulan januari 2011-2015.
- c. Untuk pendekatan distribusi data, *software* yang digunakan adalah Reliasoft Weibull ++.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

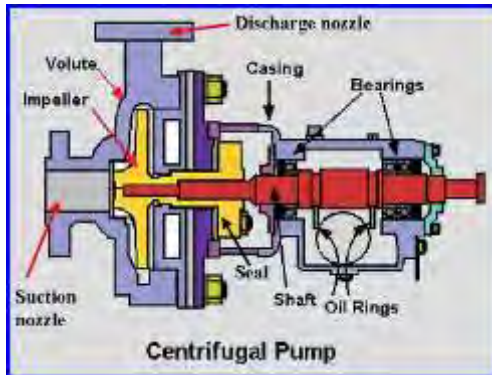
- a. Menganalisa *reliability* dari sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101.
- b. Menentukan strategi *manintenance* yang tepat agar *reliability* sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101 meningkat.

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) fluida menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*. [4] Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi dimana aliran fluida yang keluar dari *impeller* akan melalui sebuah bidang tegak lurus pompa *impeller* dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak. Poros dan pada ujung yang lain dipasang *kopling* untuk meneruskan daya dari penggerak. Poros ditumpu oleh dua buah bantakan. Sebuah packing atau perapat dipasang pada bagian rumah yang ditumpu untuk mencegah air yang bocor keluar atau udara masuk ke dalam pompa.



Gambar 2.1 Konstruksi Pompa Sentrifugal [4]

Gambar 2.1 merupakan konstruksi pompa pompa sentrifugal pada umumnya. *Stuffing Box* berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*. Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya. *Shaft sleeve* berfungsi untuk melindungi

poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. *Impeller* berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan fluida yang dipompa secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya. *Bearing* (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil. *Casing* merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffusor (*guide vane*), *inlet* dan *outlet* nozel serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengonversikan energi kecepatan fluida menjadi energi dinamis (*single stage*)

2.2 Basic Process Control System (BPCS)

BPCS adalah suatu sistem yang berperan pada pengendalian proses dan *monitoring* dari suatu proses di industri. BPCS terdiri atas *sensor*, *controller* dan *actuator*. BPCS menerima sinyal masukkan dari sensor, kemudian diteruskan menuju *controller* untuk menganalisa input tersebut dan selanjutnya mengeluarkan sinyal kontrol kepada aktuator yang berfungsi untuk mengendalikan *plant* sesuai dengan desain kontrolnya. Apabila BPCS gagal menjalankan fungsinya, maka terdapat alarm sebagai tanda peringatan kepada *operator* di *control room* untuk melakukan intervensi sehingga *plant* dapat berfungsi kembali sesuai dengan desain kontrolnya.

Secara umum BPCS, memiliki fungsi sebagai berikut :

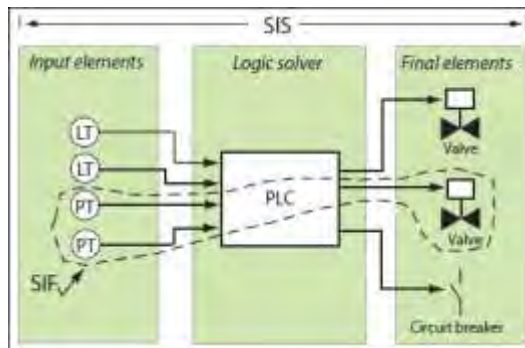
- Mengendalikan proses produksi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan, mengoptimalkan operasi *plant* sehingga menghasilkan kualitas produk produksi yang baik dan menjaga semua proses variabel berada pada kondisi aman/safety
- Memiliki *operator interface*, sehingga operator dapat melakukan *monitoring* dan kontrol melalui *Human Machine Interface* (HMI)

- Terdapat sistem alarm yang akan memberitahukan operator di *control room* jika proses variabel tidak sesuai *set point*
- Menyimpan data *report* produksi.

2.3 Safety Instrumented System (SIS)

SIS merupakan suatu sistem pengamanan yang terintegrasi, baik *hardware* atau *software* dalam suatu proses produksi di industri. Pada umumnya, SIS akan terintegrasi dengan BPCS dan akan berfungsi jika BPCS gagal melakukan fungsinya untuk mengendalikan proses kontrol.

SIS terdiri dari *sensor*, *logic solver* dan *actuator*. Sensor berfungsi melakukan pengukuran besaran fisis seperti suhu, tekanan, *flow*, *level* dan mengubah besaran fisis menjadi sinyal *output* berupa sinyal digital yang akan diteruskan menuju proses berikutnya. *Logic solver* mendapat sinyal *input* dari sensor dan menganalisa sinyal tersebut dan selanjutnya mengirimkan sinyal *output* pada aktuator agar aktuator berfungsi melakukan aksi agar sistem/proses kembali pada kondisi aman. Aktuator biasanya berupa *solenoid valve* yang bekerja secara on-off (*fully open/fully closed*). SIS dapat terdiri dari beberapa *Safety Instrumented Function* (SIF). Hubungan SIS dengan SIF dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Safety Instrumented System (SIS) [5]

Gambar 2.2 menunjukkan konfigurasi SIS yang terdiri atas beberapa SIF, diantaranya SIF untuk tekanan dan *level*. Setiap

SIF memiliki sensor yang berfungsi menerima sinyal untuk parameter yang berbeda. Semua sinyal yang berasal dari transmitter diproses menuju *logic solver* yang berupa PLC. *Logic solver* akan mengolah sinyal dan berperan sebagai *decision maker* untuk menentukan aksi pada *final element*.

2.4 Reliability (Keandalan)

Reliability adalah kemungkinan/probabilitas dari peralatan atau sistem untuk berhasil menjalankan fungsi dan tugasnya untuk suatu periode waktu tertentu. [5] Metode untuk menganalisa *reliability* dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara kualitatif dan secara kuantitatif. Analisa secara kualitatif dapat digunakan FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*), FTA (*Fault Tree Analysis*), dan RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Analisa secara kuantitatif, dilakukan dengan menghitung *reliability* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya. Probabilitas fungsi kegagalan tersebut berbeda-beda berdasarkan distribusi kegagalan dari tiap komponen.

Reliability juga dapat diartikan sebagai perilaku dari kegagalan sistem atau peralatan. Sehingga, dalam melakukan analisa *reliability* hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan *failure data*/data kegagalan dari peralatan atau sistem. [6]

Setelah mendapatkan data kegagalan, langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi kegagalan/PDF (*Probability Density Function*). Fungsi kegagalan mendeskripsikan perilaku kegagalan dalam suatu waktu interval, atau dengan kata lain peluang terjadinya kegagalan dalam waktu interval tertentu. Secara matematis, fungsi kegagalan dirumuskan pada persamaan: [6]

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(t)dt \quad (2.1)$$

dimana:

$f(t)$ = fungsi kegagalan

Kumulatif dari fungsi kegagalan adalah peluang terjadinya kegagalan sampai pada waktu ke t . Secara matematik kumulatif fungsi kegagalan dirumuskan pada persamaan: [6]

$$F(x \leq t) = \int_0^t f(t)dt \quad (2.2)$$

dimana:

$F(t)$ = kumulatif fungsi kegagalan

Seperti yang telah diketahui reliability adalah peluang berhasil nya peralatan menjalankan fungsinya untuk suatu periode waktu tertentu. Jadi, secara matematik reliability dirumuskan penjumlahan peluang berhasil dan peluang kumulatif fungsi kegagalan sama dengan 1 seperti pada persamaan: [6]

$$\begin{aligned} R(t) + F(t) &= 1 \\ R(t) &= 1 - F(t) \\ R(t) &= 1 - \int_0^t f(t)dt \end{aligned} \quad (2.3)$$

dimana:

$R(t)$ = fungsi keandalan

2.5 Maintainability

Maintainability adalah probabilitas suatu komponen yang rusak untuk diperbaiki ke dalam kondisi dimana komponen tersebut dapat berkerja dengan baik dalam periode waktu tentu. [7]. *Maintainability* bertujuan untuk mengetahui lama waktu perbaikan yang dibutuhkan suatu komponen agar dapat berfungsi kembali. Secara matematis, *maintainability* dinyatakan dalam persamaan yang berbeda-beda tergantung dari distribusi data waktu perbaikan. Rata-rata waktu perbaikan secara umum dapat dituliskan dalam persamaan: [6]

$$MTTR = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad (2.4)$$

Dimana:

MTTR = rata-rata waktu perbaikan kegagalan

$H(t)$ = kumulatif fungsi kegagalan

2.6 Availability

Availability didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen untuk menjalankan fungsinya dalam jangka waktu yang telah ditentukan. [7] *Availability* sering digunakan sebagai parameter keberhasilan peralatan dalam menjalankan fungsinya daripada *reliability*. Hal ini dikarenakan, *availability* menyatakan ketersediaan peralatan dalam jangka waktu tertentu, berbeda dengan *reliability* yang merupakan peluang berhasilnya peralatan dalam waktu tertentu. Secara matematis, *availability* dinyatakan dalam persamaan: [6]

$$A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.5)$$

dimana:

MTBF = rata-rata waktu antarkegagalan

MTTR = rata-rata waktu perbaikan kegagalan

2.7 FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*)

FMEA adalah suatu metode analisis secara kualitatif yang menggunakan daftar tabel untuk membantu kerangka proses pemikiran yang digunakan untuk mengidentifikasi potensial mode kegagalan dari peralatan/sistem beserta efeknya. [4] Proses pemikiran tersebut ditulis dalam FMEA *worksheet* terdapat pada gambar 2.3

Item / Function	Potential failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Current Design Controls	Recommended action(s)

Gambar 2.3 FMEA *Worksheet* [7]

Penjelasan masing-masing kolom dari tabel FMEA *worksheet* adalah sebagai berikut

- Kolom *item/function*

Kolom ini menunjukkan nama peralatan/komponen yang akan dianalisa beserta penjelasan mengenai fungsi dari alat/komponen tersebut.

- Kolom *potential failure mode*

Kolom ini menjelaskan potensi kegagalan-kegagalan yang akan terjadi. Alat/komponen dapat mengalami gagal total dan gagal sebagian.

- Kolom *potential effect of failure*

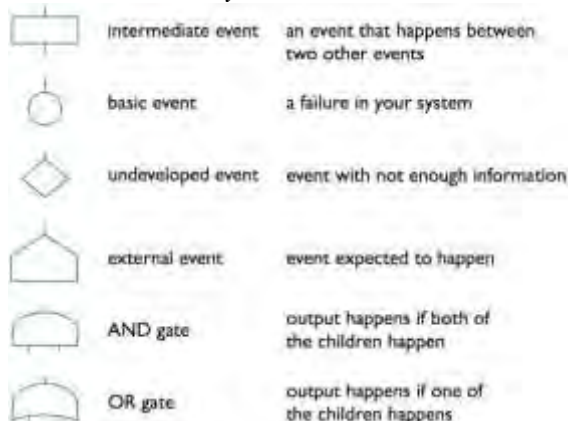
Kolom ini menjelaskan efek yang terjadi akibat kegagalan fungsi alat/komponen

- Kolom *potential cause/mechanism of failure*
Kolom ini menjelaskan penyebab dari kegagalan yang terjadi.
- Kolom *current design kontrol*
Kolom ini menjelaskan usaha yang telah dilakukan untuk mengatasi kegagalan-kegagalan fungsi yang terjadi.
- Kolom *recommended action*
Kolom ini menjelaskan hal apa saja yang dapat dilakukan sebagai rekomendasi untuk mengurangi terjadinya kegagalan fungsi alat/komponen.

2.8 FTA (*Fault Tree Analysis*)

Fault Tree Analysis merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan dari suatu peralatan/sistem. *Fault Tree Analysis* akan memudahkan operator dan *engineer* dalam melakukan *troubleshooting*. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab kegagalan dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

Gambar 2.4 merupakan penjelasan simbol-simbol yang terdapat pada *Fault Tree Analysis*.



Gambar 2.4 Simbol-simbol pada *Fault Tree Analysis* [7]

2.9 Failure Rate (λ)

Failure Rate atau laju kegagalan (λ) merupakan banyaknya kerusakan dari peralatan atau sistem yang terjadi pada interval waktu tertentu. Laju kegagalan secara matematis dirumuskan pada persamaan: [6]

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (2.6)$$

dimana:

f = banyaknya kegagalan

T = total waktu operasi

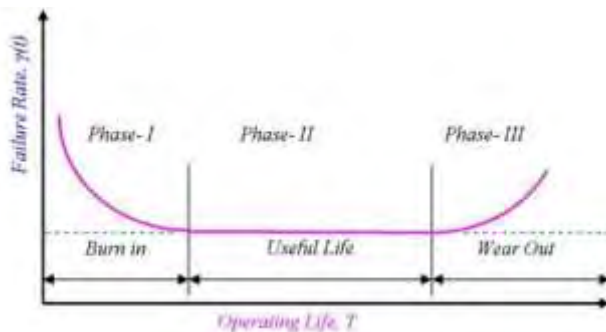
$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.7)$$

dimana:

f(t) = fungsi kegagalan

R(t) = fungsi keandalan

Laju kegagalan merupakan salah satu indikator yang digunakan dalam analisis *reliability*. Laju kegagalan memiliki 3 karakteristik yaitu, DFR (*Decreasing Failure Rate*), CFR (*Constant Failure Rate*) dan IFR (*Increase Failure Rate*). Karakteristik laju kegagalan digambarkan dalam kurva *bathup* seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Bathing Curve [6]

Bathtub Curve terdiri atas tiga daerah kerusakan yaitu:

- *Burn in Zone (early life)*

Daerah ini merupakan periode awal beroperasinya suatu komponen atau sistem yang masih baru sehingga *reliability*

nya masih 100%, namun dengan periode waktu yang pendek. Pada kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan yang awalnya tinggi kemudian menurun dengan bertambahnya waktu, atau disebut dengan *Decreasing Failure Rate* (DFR). Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan oleh proses manufaktur atau pembuatan pada pabrik yang tidak sempurna

- *Useful Life Zone*

Pada periode ini, komponen atau sistem berada pada masa produktif/aktif sehingga memiliki laju kerusakan yang paling rendah dan bersifat konstan. Laju kerusakan ini disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada periode ini bersifat random dan biasanya di pengaruhi oleh kondisi lingkungan.

- *Wear Out Zone*

Periode ini adalah periode akhir dari masa pakai komponen atau sistem. Pada periode ini, laju kerusakan akan meningkat dengan cepat seiring bertambahnya waktu. Laju kerusakan ini disebut sebagai *Increasing Failure Rate* (IFR). Periode ini berakhir ketika *reliability* komponen atau sistem mendekati nol, artinya kerusakan yang terjadi sudah sangat parah dan tidak dapat diperbaiki lagi.

Laju kegagalan dapat menjelaskan tentang distribusi kegagalan. Jenis Untuk distribusi lognormal laju kegagalan nya adalah DFR (*Decreasing Failure Rate*). Distribusi eksponensial memiliki laju kegagalan tetap/CFR (*Constant Failure Rate*). Dan distribusi normal memiliki laju kegagalan IFR (*Increase Failure Rate*).

2.10 Distribusi Data Waktu Kegagalan

Data waktu kegagalan atau TTF (*Time to Failure*) dapat diketahui distribusinya yang dapat digunakan untuk analisis *reliability*. Pada umumnya, distribusi data untuk data waktu kegagalan terdiri atas 4 jenis, diantaranya distribusi eksponensial, distribusi Weibull distribusi normal, dan distribusi lognormal.

2.10.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk nilai laju kegagalan yang konstan (CFR). Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi data untuk *reliability* yang penting. Terdapat dua parameter dalam distribusi eksponensial, yaitu t (fungsi waktu) dan t_0 (parameter lokasi). Apabila t_0 bernilai 0, maka distribusi eksponensial menjadi satu parameter. Distribusi eksponensial mendeskripsikan kejadian kegagalan yang terjadi secara acak/*random*. Distribusi eksponensial pada umumnya cocok dengan peralatan elektronik dan *instrument*. Namun distribusi eksponensial juga dapat merepresentasikan peralatan lain yang kejadian kegagalannya terjadi secara acak. Grafik eksponensial terdapat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Eksponensial [5]

Secara matematis, distribusi eksponensial dinyatakan dalam beberapa persamaan fungsi yang dirumuskan pada persamaan: [6]

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.8)$$

Fungsi Keandalan:

$$R(t) = e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.9)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.10)$$

Maintainability:

$$M(t) = 1 - \exp(-\lambda(t - t_0)) \quad (2.11)$$

Mean Time to Failure:

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.12)$$

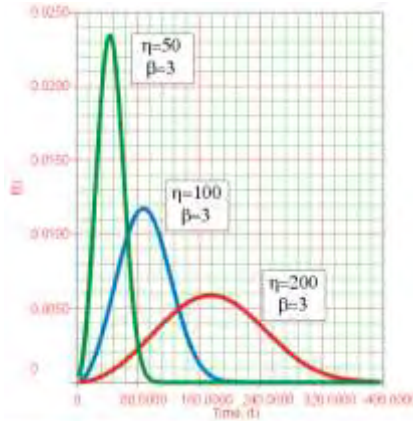
2.10.2 Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang dapat merepresentasikan distribusi lognormal, distribusi eksponensial, atau distribusi normal yang berdasarkan karakteristik nilai *shape parameter* (β). Distribusi weibull terdiri atas tiga parameter, yaitu *scale parameter* (θ), *shape parameter* (β) dan *location parameter* (γ). Hubungan antara *shape parameter* (β) dengan distribusi Weibull terdapat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 *Shape Parameter Weibull* [6]

$0 < (\beta) < 1$	Distribusi lognormal (DFR)
$(\beta) = 1$	Distribusi Eksponensial (CFR)
$1 < (\beta) < 2$	IFR
$(\beta) > 2$	Distribusi normal (IFR)

Oleh karena distribusi weibull dapat merepresentasikan perilaku dari distribusi lainnya, maka distribusi Weibull biasanya digunakan pertama kali untuk menentukan distribusi *fitting* terhadap data. Kurva grafik fungsi probabilitas distribusi Weibull terdapat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Weibull [5]

Beberapa fungsi persamaan matematis dalam distribusi Weibull yang dirumuskan pada persamaan: [6]

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{t-\gamma}{\theta} \right]^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.13)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.14)$$

Fungsi Laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (2.15)$$

Maintainability:

$$M(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.16)$$

Mean Time to Failure :

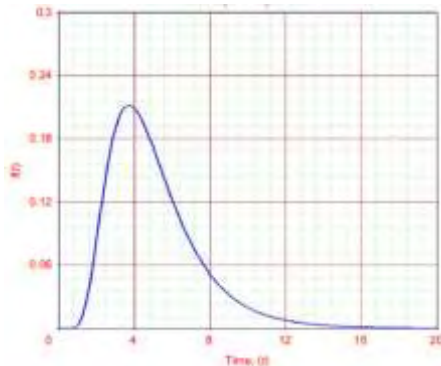
$$MTTF = \gamma + \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.17)$$

Apabila *location parameter* (γ) bernilai 0, maka distribusi menjadi distribusi *weibull* 2 parameter.

2.10.3 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang turun dari waktu ke waktu (DFR). Distribusi lognormal merepresentasikan kegagalan-kegagalan peralatan yang terjadi di awal *life cycle* nya (*burn-in*). Kegagalan fungsi tersebut terjadi karena kegagalan yang diakibatkan oleh manufaktur pabrik alat tersebut, *startup equipment* yang kurang baik, atau kesalahan penggunaan dari peralatan tersebut. Untuk mengatasi kegagalan-kegagalan tersebut, langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah melakukan *burn-in testing/acceptance testing*, dan *quality control*.

Pada distribusi *lognormal* parameter yang digunakan sama dengan distribusi normal, yaitu μ (rata-rata) dan σ (standard deviasi). Grafik kurva probabilitas fungsi distribusi lognormal terdapat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Lognormal [5]

Beberapa fungsi matematis dalam distribusi lognormal dinyatakan pada persamaan: [6]

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.18)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right) \quad (2.19)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.20)$$

Maintainability :

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.21)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.22)$$

2.10.4 Distribusi Normal

Distribusi normal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang naik dari waktu ke waktu (IFR). Distribusi normal merepresentasikan karakteristik peralatan yang *wear-out*/peralatan yang masa pakainya hampir habis. Sebelum peralatan memasuki masa *wear-out*, peralatan pasti berada pada masa *useful life* nya. Oleh karena itu, agar peralatan tetap memiliki karakter *useful life*, maka dapat dilakukan *preventive maintenance* untuk menghindari masa *wear-out*. *Preventive maintenance* lebih sesuai untuk peralatan yang memiliki karakteristik *wear-out* (IFR). Kurva grafik probabilitas fungsi distribusi normal terdapat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Grafik Fungsi Probabilitas Distribusi Normal [5]

Pada distribusi normal, terdiri atas dua parameter yaitu μ (rata-rata) dan σ (standard deviasi).

Beberapa fungsi matematis distribusi normal dinyatakan dalam persamaan: [6]

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.23)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.24)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.25)$$

Maintainability :

$$M(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.26)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \mu \quad (2.27)$$

2.11 Maintenance (Perawatan)

Maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki peralatan yang rusak agar kemudian dapat menjalankan fungsi dan tugasnya kembali. Selain melakukan perbaikan peralatan, *maintenance* juga adalah suatu aktifitas untuk mempertahankan kualitas dari peralatan agar tetap terjaga baik seperti kondisi awalnya. Secara umum *maintenance* dibagi menjadi 3 macam yaitu:

- *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance merupakan kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan ketika komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. *Corrective maintenance* cocok diaplikasikan untuk komponen/peralatan yang memiliki distribusi eksponensial. Hal ini dikarenakan distribusi eksponensial memiliki karakteristik kejadian kegagalan yang random/acak terhadap waktu.

- *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan sebelum komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan karena komponen/peralatan tersebut merupakan bagian vital dan memiliki peranan yang penting pada sebuah sistem, dimana jika komponen/peralatan tersebut rusak, maka dapat mengganggu jalannya kegiatan produksi. *Preventive maintenance* diaplikasikan untuk peralatan/komponen yang mengalami fase *wear-out* atau dengan kata lain peralatan/komponen yang memiliki distribusi normal. Hal ini dilakukan untuk merawat komponen/peralatan tersebut agar tetap menjalankan fungsinya dengan baik, bahkan jika bisa agar komponen/peralatan tersebut dapat kembali pada fase *useful life* nya.

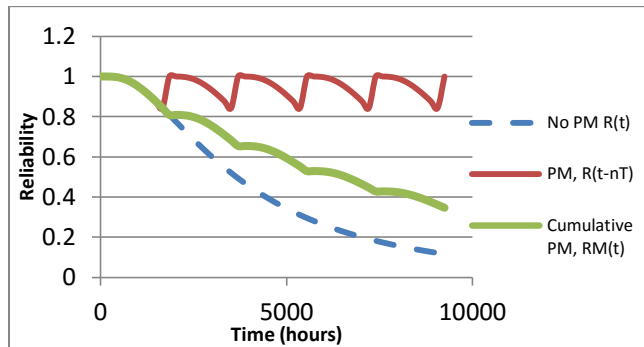
Secara matematis, *preventive maintenance* dirumuskan pada persamaan: [6]

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad (2.27)$$

dimana:

$R(T)^n$ = probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive maintenance* ke-n

$R(t-nT)$ = probabilitas ketahanan selama jangka waktu $t-nT$ yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal. Grafik keandalan untuk komponen/peralatan dengan *preventive maintenance* terdapat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance*

Gambar 2.10 menunjukkan perbandingan *reliability* komponen sebelum dilakukan *preventive maintenance* dan setelah dilakukan *preventive maintenance*. Garis hijau merupakan *reliability* dengan *preventive maintenance* yang menunjukkan peningkatan signifikan. Semakin banyak interval waktu *preventive maintenance* dilakukan, maka nilai *reliability* semakin baik.

- Inspeksi

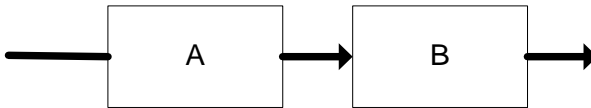
Inspeksi adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan untuk menemukan kejadian kegagalan-kegagalan yang tersembunyi atau belum terdeteksi. Jika menemukan kejadian kegagalan dalam proses inspeksi, maka *corrective maintenance* akan dilakukan.

2.12 *Reliability Block Diagram (RBD)*

RBD merupakan suatu metode analisis *reliability* dengan menggunakan susunan blok tertentu, dimana blok-blok tersebut mewakili hubungan antara sistem dengan komponen-komponen subsistem. [7] Hubungan tersebut dinyatakan menggunakan

logika *reliability*, yaitu “AND” dan “OR”. Komponen yang tersusun seri dianalogikan dengan logika “AND” dan komponen yang tersusun paralel dianalogikan dengan logika “OR”. Sebuah susunan RBD menyatakan jalur berhasil suatu sistem, sehingga dalam menyusun RBD perlu diketahui jalur komponen-komponen subsistem yang berhasil menjalankan fungsinya. RBD juga dapat digunakan sebagai analisa kuantitatif untuk menghitung nilai *reliability* sistem.

- Konfigurasi Seri
Susunan blok komponen secara seri ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.11 Konfigurasi RBD sistem secara seri

Pada konfigurasi seri, persamaan matematis untuk menghitung nilai *reliability* dan *availability* sistem terdapat pada persamaan: [7]

$$R_s(t) = R_a(t) \times R_b(t) \times \dots \times R_n(t) \quad (2.28)$$

dimana:

$R_s(t)$: nilai *reliability* sistem seri

$R_a(t)$: nilai *reliability* pada komponen subsistem a

$R_b(t)$: nilai *reliability* pada komponen subsistem b

$R_n(t)$: nilai *reliability* pada komponen subsistem ke-n

$$A_s(i) = A_a(i) \times A_b(i) \times \dots \times A_n(i) \quad (2.29)$$

dimana:

$A_s(i)$: nilai *availability* sistem seri

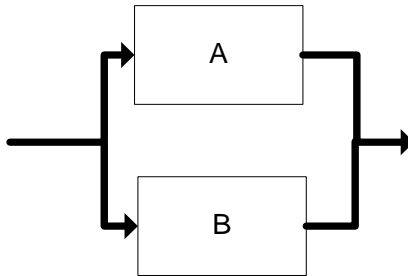
$A_a(i)$: nilai *availability* pada komponen subsistem a

$A_b(i)$: nilai *availability* pada komponen subsistem b

$A_n(i)$: nilai *availability* pada komponen subsistem ke-n

- Konfigurasi Paralel

Susunan blok komponen subsistem secara paralel ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konfigurasi RBD sistem secara paralel

Pada konfigurasi paralel, persamaan matematis untuk menghitung nilai *reliability* dan *availability* sistem terdapat pada persamaan: [7]

$$R_p(t) = [1 - (1 - R_a(t)) \times (1 - R_b(t))] \quad (2.30)$$

dimana:

$R_p(t)$: nilai *reliability* sistem paralel

$$A_p(i) = [1 - (1 - A_a(i)) \times (1 - A_b(i))] \quad (2.31)$$

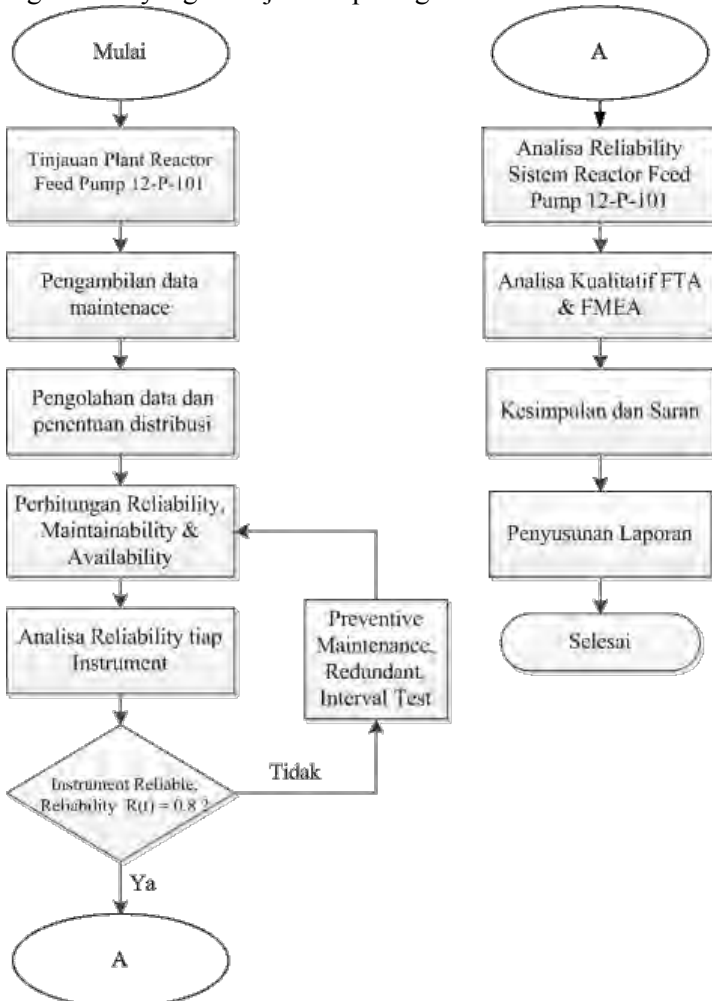
dimana:

$A_p(i)$: nilai *availability* sistem paralel

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

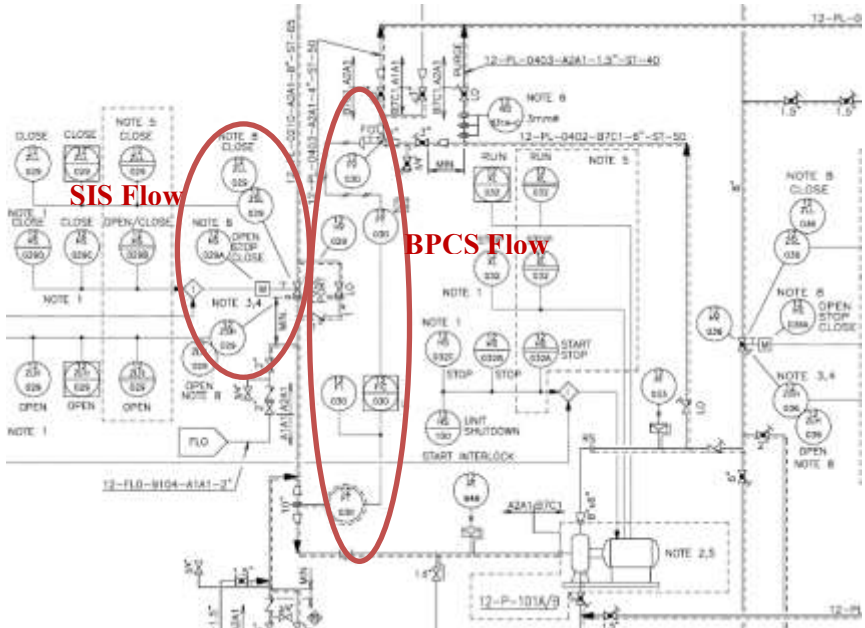
Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini digambarkan pada diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Tinjauan Plant Reactor Feed Pump 12-P-101

Peninjauan *plant pump* dilakukan berdasarkan *review* dari P&ID *reactor feed pump* 12-P-101 PT Pertamina RU VI Balongan.



Gambar 3.2 P&ID Feed Reactor Pump 12-P-101

Berdasarkan P&ID pump 12-P-101 PT Pertamina RU VI Balongan terdapat 1 BPCS yang berfungsi sebagai *monitoring* dan mengendalikan proses produksi. BPCS terdiri dari sensor, transmitter, *logic solver*, dan aktuator. Hasil tinjauan BPCS terdapat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Tabel Tinjauan BPCS pada *Feed Pump* 12-P-101

Fungsi	Sensor	Transmitter	Logic Solver	Aktuator
Kontrol Flow	FT 030		FIC 030	FV 030

Pada P&ID *Feed Pump* 12-P-101 PT Pertamina RU VI Balongan juga terdapat 2 SIF (*Safety Instrumented Function*) yang membentuk SIS (*Safety Instrumented System*) yang bertujuan menjaga kondisi operasi dan peralatan aman apabila BPC gagal menjalankan fungsinya. SIS terdiri atas sensor, *logic solver*, dan aktuator. Hasil tinjauan SIS terdapat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Tabel Tinjauan SIF pada *Feed Pump* 12-P-101

Sensor	Logic Solver	Aktuator
FT 030	Interlock USD	HV 029
HS 029		

3.2 Pengambilan Data *Maintenance*

Pengambilan data *maintenance* diperoleh dari data *daily report* dan MySap *Maintenance Area* 2 PT Pertamina RU VI Balongan dari Januari 2011 – Desember 2015.

3.3 Pengolahan Data dan Penentuan Distribusi

Data *daily report Maintenance Area* 2 PT. Pertamina RU VI Balongan dari Januari 2011 – Desember 2015 direkap berdasarkan komponen-komponen *Feed Pump* 12-P-101. Hasil rekapan data diperoleh data TTR (*Time to Repair*), TBF (*Time Between Failure*), dan TTF (*Time to Failure*). Data-data tersebut digunakan untuk pengujian distribusi data menggunakan perangkat lunak Reliasoft Weibull 6++

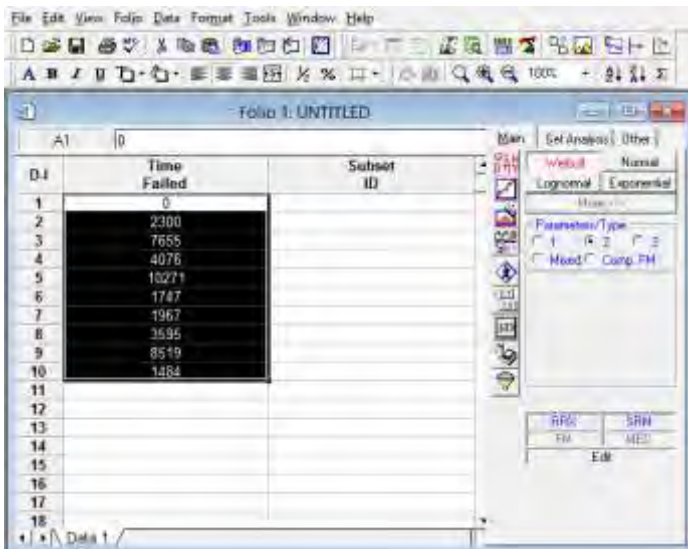
Penentuan distribusi data kegagalan peralatan dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- *Plot* data kegagalan dengan menggunakan perangkat lunak Weibull 6++. Perangkat lunak memproses data dan memberikan rekomendasi distribusi yang paling sesuai dengan data tersebut.

- Menggunakan distribusi general yaitu distribusi Weibull. Distribusi Weibull digunakan karena dapat menunjukkan distribusi lainnya, diantaranya distribusi normal, distribusi eksponensial, dan distribusi lognormal.
- Memilih distribusi yang sesuai dengan karakteristik peralatan. Misalnya, peralatan elektrik dan instrument memiliki karakteristik distribusi eksponensial. Sedangkan untuk katup pengontrol dan peralatan mekanik memiliki karakteristik distribusi normal. [4]

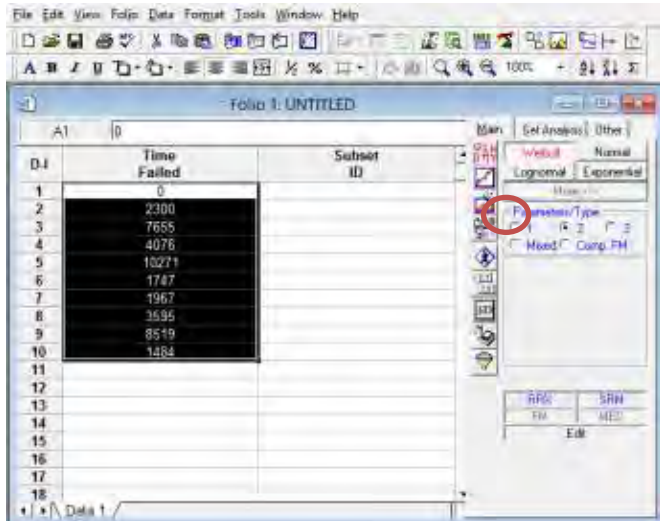
Distribusi waktu kegagalan ditentukan dengan menggunakan *Reliasoft Weibull 6++*. Langkah-langkah penentuan distribusi sebagai berikut:

- Masukkan data kegagalan yang akan diuji distribusinya pada *form* yang telah disediakan.



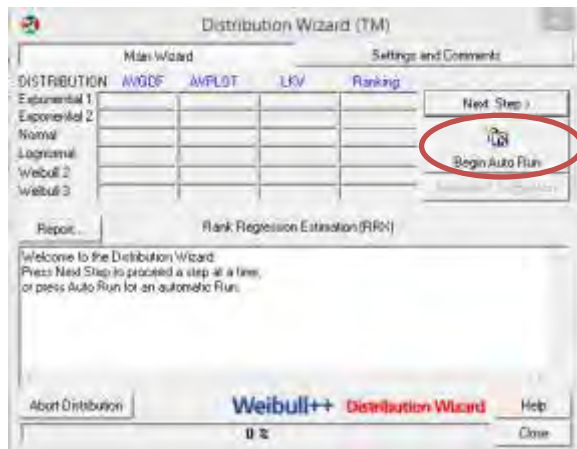
Gambar 3.3 Langkah 1 Penentuan Distribusi dengan Weibull

- Pilih *distribution wizard* untuk melakukan uji distribusi



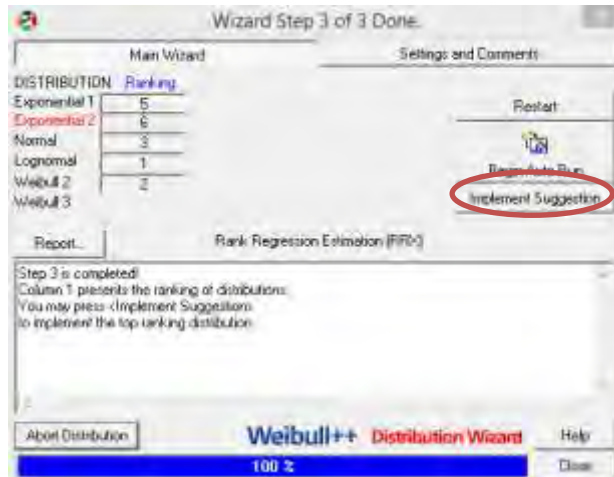
Gambar 3.4 Langkah 2 Penentuan Distribusi dengan Weibull

- Pada tampilan *distribution wizard*, pilih *begin auto run* untuk memperoleh distribusi yang sesuai beserta parameternya.



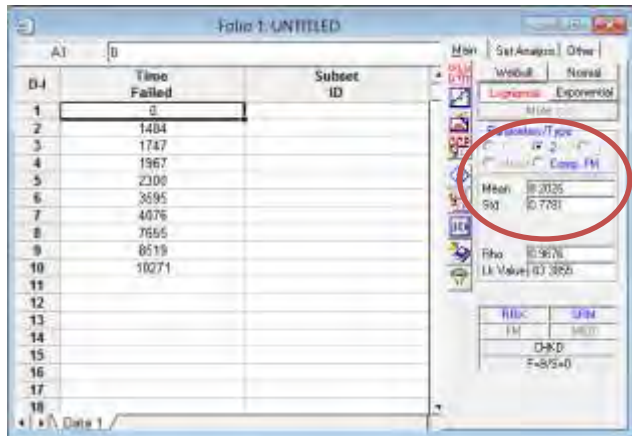
Gambar 3.5 Langkah 3 Penentuan Distribusi dengan Weibull

- Setelah *wizard step* selesai, urutan ranking distribusi akan muncul dan pilih *implement suggestion* untuk mendapatkan nilai parameter dari distribusi yang paling sesuai.



Gambar 3.6 Langkah 4 Penentuan Distribusi dengan Weibull

- Nilai parameter distribusi akan ditampilkan sesuai dengan distribusi yang telah dipilih.



Gambar 3.7 Langkah 5 Penentuan Distribusi dengan Weibull

3.4 Perhitungan *Reliability*, *Availability*, dan *Maintainability* Tiap Instrument

Pengujian distribusi data-data waktu kegagalan oleh perangkat lunak Reliasoft Weibull 6++ akan menghasilkan nilai-nilai parameter dari distribusi yang sesuai. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *reliability*, *availability*, dan *maintainability* tiap *instrument* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya menggunakan persamaan rumus yang telah dijelaskan pada BAB II.

3.5 Analisa *Reliability* Tiap *Instrument*

Instrument dikatakan *reliable*, jika nilai *reliability* nya diperoleh $R(t) = 0,8$. Nilai 0,8 merupakan standard dari PT Pertamina RU VI Balongan yang menetapkan kompen *instrument* memiliki peluang keberhasilan dalam menjalankan fungsinya 80%. Agar *reliability* tiap *instrument* tetap 0,8, maka perlu dilakukan strategi *maintenance*. Strategi *maintenance* dapat berupa *scheduled maintenance*, *preventive maintenance*, dan penyusunan sistem yang terpasang secara *redundant* dan adanya interval test/jadwal tertentu untuk inspeksi peralatan.

3.6 Analisa *Reliability* Sistem *Feed Pump* 12-P-101

Analisa *reliability* sistem dilakukan dengan menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*) dan persamaan rumus yang telah dijabarkan pada BAB II.



Gambar 3.8 Konfigurasi RBD sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101

3.7 Analisa Kualitatif dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*)

Analisa kualitatif dilakukan untuk meninjau lebih lanjut penyebab kegagalan-kegagalan yang terjadi pada BPCS dan SIS di *feed pump* 12-P-101. Analisa kualitatif yang digunakan adalah FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*).

Pada analisis FMEA, terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan adalah:

- Memahami peran dan fungsi dari tiap peralatan yang terpasang pada *feed pump* 12-P-101.
- Melakukan *brainstorming* untuk mengidentifikasi potensi-potensi kegagalan yang mungkin terjadi.
- Menentukan efek atau akibat yang mungkin terjadi karena adanya kegagalan fungsi dari peralatan.
- Menentukan mekanisme kejadian yang menyebabkan kegagalan terjadi.
- Memberikan saran dan rekomendasi mengenai tindakan yang harus dilakukan untuk mengurangi potensi kegagalan.

Pada analisis FTA, terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

- Menentukan *Top Event*/kejadian puncak yang akan ditinjau lebih lanjut terhadap penyebab kegagalan. Pada penelitian ini kejadian puncaknya adalah sistem *reactor feed pump* 12-P-101.

- Melakukan *breakdown Top Event* untuk mengetahui *event* yang merupakan kemungkinan kegagalan yang terjadi.
- Menentukan hubungan setiap *event* kegagalan dengan *Boolean Algebra* logika OR atau AND.
- Melakukan *breakdown event* hingga pada *basic event*, yaitu kejadian dasar yang menyebabkan kegagalan.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah memberikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah diperoleh. Kesimpulan memberikan solusi atau jawab terhadap masalah yang diteliti. Saran diberikan berdasarkan analisa penelitian untuk digunakan sebagai refrensi penelitian selanjutnya.

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kuantitatif

Pada analisa kuantitatif diperoleh nilai *reliability* dari masing-masing komponen dengan menggunakan perhitungan dari probabilitas fungsi kegagalannya. Probabilitas fungsi kegagalan diperoleh berdasarkan distribusi kegagalan dari tiap komponen. Berdasarkan data kegagalan dari *daily report* tiap komponen, diperoleh data TTR (*Time to Repair*) dan TTF (*Time to Failure*). Selanjutnya data dilakukan uji distribusi menggunakan *software* Reliasoft Weibull 6++ dan didapatkan parameter distribusi dari tiap-tiap komponen. Perhitungan nilai *reliability* menggunakan distribusi data TTF, nilai *maintainability* menggunakan distribusi data TTR, dan nilai *availability* menggunakan distribusi data TBF dan TTR.

4.1.1 Analisa Kuantitatif FT 030

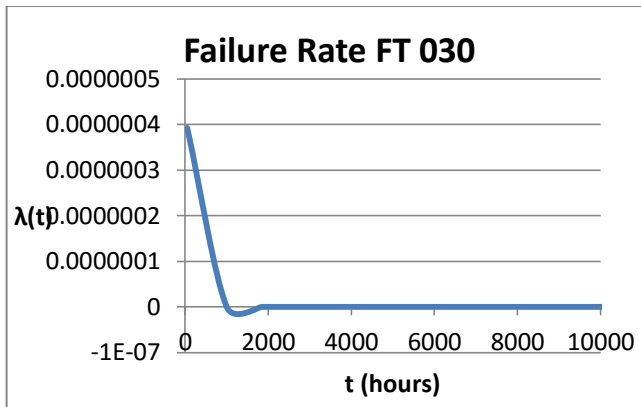
Data kegagalan FT 030 yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.1

Tabel 4.3 Data *Daily Report Maintenance* FT 030

plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
1/1/2011	1/1/2011	0	1	0
4/7/2011	4/7/2011	2300	4	2304
2/20/2012	2/20/2012	7655	1	7656
8/8/2012	8/8/2012	4076	4	4080
10/10/2013	10/10/2013	10271	1	10272
12/22/2013	12/22/2013	1747	5	1752
3/14/2014	3/14/2014	1967	1	1968
8/11/2014	8/11/2014	3595	5	3600
8/1/2015	8/1/2015	8519	1	8520
10/2/2015	10/2/2015	1484	4	1488

Validasi distribusi data *maintenance* FT 030 dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF FT 030 adalah distribusi lognormal. Nilai parameter yang diperoleh antara lain $\mu = 8.2026$ dan $\sigma = 0.7781$. Distribusi lognormal menunjukkan bahwa FT 030 berada pada fase *burn-in* dimana kegagalan terjadi pada saat komponen beroperasi diawal.

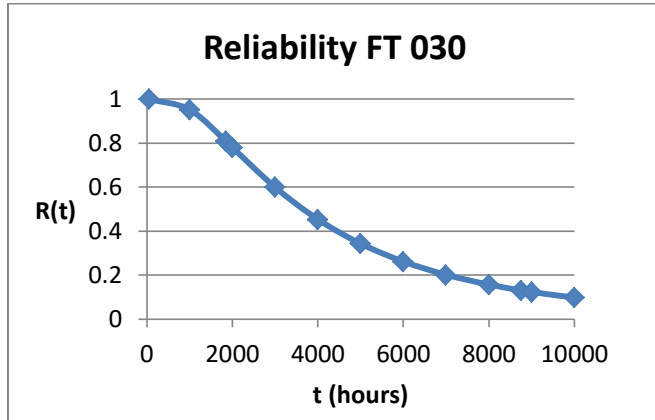
Laju kegagalan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu beroperasi. Grafik laju kegagalan FT 030 terdapat pada gambar 4.1



Gambar 4.9 Grafik Laju Kegagalan FT 030

- Fungsi keandalan (*Reliability*)

FT 030 memiliki distribusi lognormal, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.19). Perhitungan *reliability* FT 030 terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik hasil perhitungan ditunjukkan dengan pada gambar 4.2

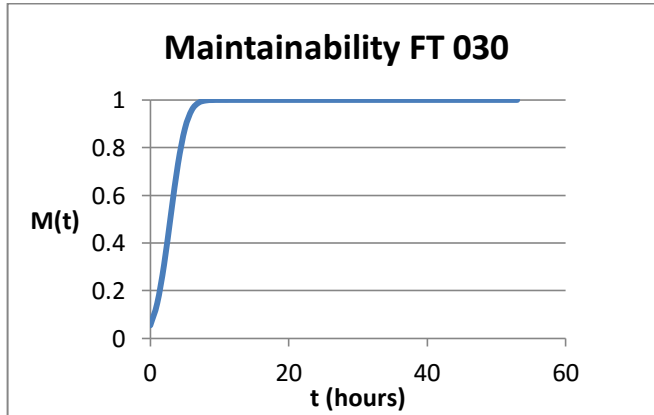


Gambar 4.10 Grafik *Reliability* FT 030

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai komponen FT 030 dapat mencapai nilai *reliability* sebesar 0,8 pada waktu 1850 jam. Sehingga, FT 030 dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 0,8 adalah setiap 1850 jam. Nilai *reliability* FT 030 pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,13, sehingga FT 030 perlu dilakukan perawatan rutin setiap 1850 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability*, distribusi data TTR digunakan. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi normal. Distribusi normal pada data TTR memiliki parameter *mean* (μ) = 2,8889 dan *std* (σ) = 1,799. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.27) sebesar 2,9 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.26) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.11 Grafik *Maintainability* FT 030

Pada gambar 4.3 dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* FT 030 mencapai 100% adalah 12 jam.

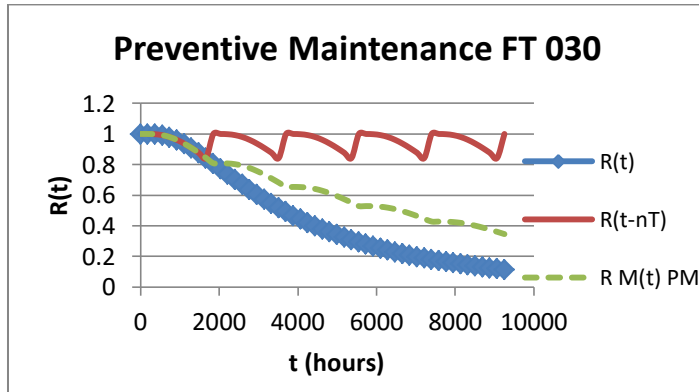
- *Availability* (Ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 4943 jam dan MTTR = 2,9 jam. Perhitungan *avaibility* menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,999416. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan FT 030 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,94%.

- *Preventive Maintenance*

FT 030 memiliki distribusi lognormal, sehingga diperlukan beberapa langkah untuk meningkatkan nilai *reliability*, diantaranya *burn-in testing*, *accepting testing*, atau *preventive maintenance*. Nilai *reliability* untuk *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.18. Rentang waktu yang diperlukan untuk *preventive maintenance* adalah 1850 jam karena nilai *reliability* sebelum *preventive maintenance* sebesar

0,80881. Perhitungan *reliability* untuk *preventive maintenance* terdapat pada lampiran B. Hasil grafik ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.12 Grafik *Reliability* untuk *Preventive Maintenance* FT 030

Pada gambar 4.4 menunjukkan pada waktu 9250 jam, nilai *reliability* FT 030 dengan *preventive maintenance* sebesar 0,34, sedangkan nilai *reliability* tanpa *preventive maintenance* hanya sebesar 0,11. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* dapat meningkatkan nilai *reliability* FT 030.

4.1.2 Analisa Kuantitatif FY 030

Data kegagalan FY 030 yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.2.

Tabel 4.4 Data *Daily Report* Maintenance FY 030

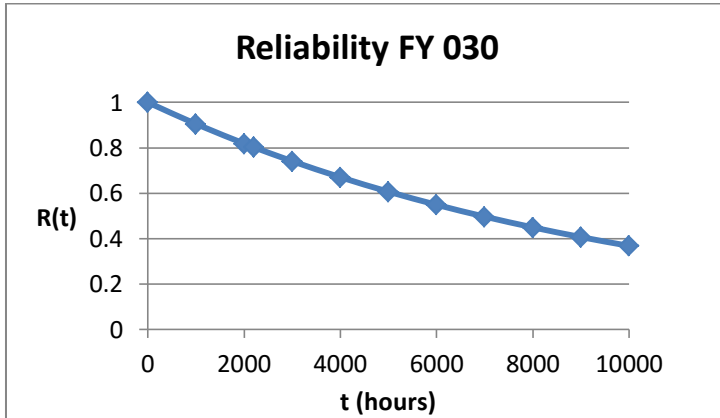
plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
1/1/2011	1/1/2011	0	2	0
5/8/2011	5/8/2011	3047	1	3048
12/28/2012	12/28/2012	14398	2	14400
1/3/2013	1/3/2013	143	1	144
4/29/2014	4/29/2014	11542	2	11544
1/7/2015	1/7/2015	6071	1	6072

Validasi distribusi data *maintenance* FY 030 dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF FY 030 adalah distribusi eksponensial. Distribusi ini sesuai dengan teori yang menunjukkan bahwa peralatan elektrik memiliki laju kegagalan yang konstan. Nilai parameter pada distribusi eksponensial diperoleh nilai lamda (λ) sebesar 0,0001 dan dengan menggunakan persamaan 2.14 didapatkan nilai MTTF sebesar 10000 jam.

Laju kegagalan FY 030 konstan karena memiliki nilai laju kegagalan yang sama dan tidak berubah terhadap waktu. Sehingga, FY 030 berada pada fase *useful life* dimana kegagalan terjadi secara random.

- *Reliability* (Keandalan)

FY 030 memiliki distribusi eksponensial, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.9). Perhitungan *reliability* FY 030 terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik perhitungan *reliability* FY ditunjukkan dengan pada gambar 4.5

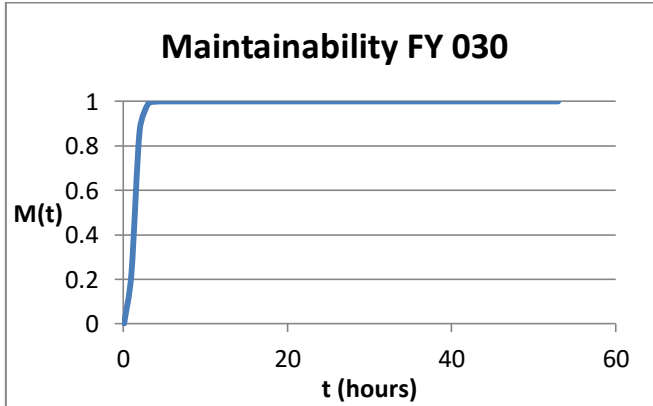


Gambar 4.5 Grafik *Reliability* FY 030

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai komponen FY 030 dapat mencapai nilai *reliability* sebesar 0,8 pada waktu 2200 jam. Sehingga, FT 030 dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 0,8 adalah setiap 2200 jam. Nilai *reliability* FY 030 pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,42, sehingga FY 030 perlu dilakukan perawatan rutin setiap 2200 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* menggunakan distribusi data TTR. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal pada data TTR memiliki parameter *mean* (μ) = 0,2773 dan *std* (σ) = 0,3705. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.22) sebesar 0,27 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.21) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik *Maintainability* FY 030

Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan FY 030 untuk melakukan perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah 13 jam.

- *Availability* (Ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 10000 jam dan MTTR = 0,2773 jam. Perhitungan *availability* menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,999972. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan FY 030 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,99%.

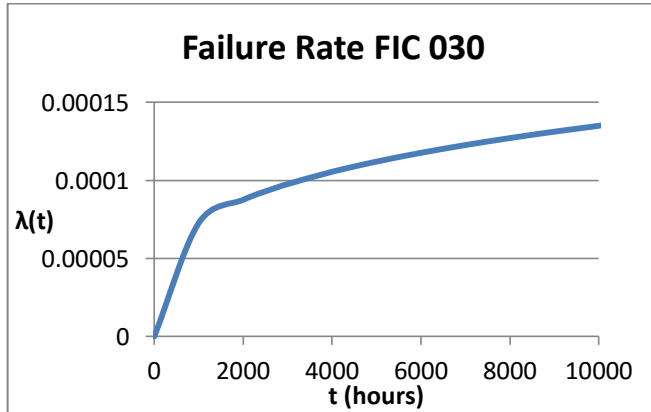
4.1.3 Analisa Kuantitatif FIC 030

Data kegagalan FIC 030 yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.3

Tabel 4.5 Data *Daily Report Maintenance* FIC 030

plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
4/7/2011	4/7/2011	0	2	0
8/20/2012	8/20/2012	12020	4	12024
10/15/2013	10/15/2013	10099	5	10104
12/14/2013	12/14/2013	1432	8	1440
8/22/2014	8/22/2014	6020	4	6024
11/15/2015	11/15/2015	10796	4	10800

Validasi distribusi data *maintenance* FIC 030 dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF FIC 030 adalah distribusi Weibull 2. Nilai parameter pada distribusi Weibull 2 diperoleh nilai beta (β) = 1,2688 dan eta (θ) = 9522,5862. Nilai MTTF dihitung dengan menggunakan persamaan (2.17) dan didapatkan 8844,292385 jam. Grafik laju kegagalan FIC 030 ditunjukkan pada gambar 4.7.

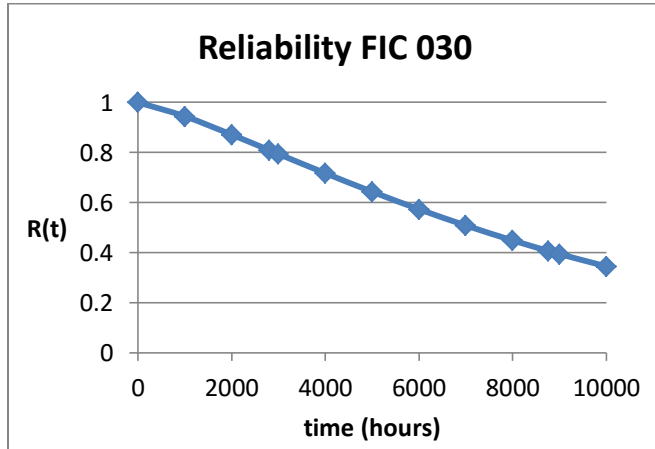


Gambar 4.7 Grafik Laju Kegagalan FIC 030

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa karakteristik laju kegagalan FIC meningkat seiring dengan lamanya waktu beroperasi (IFR). Pada kondisi ini, FIC 030 berada pada fase *wear-out*.

- *Reliability* (Keandalan)

FIC 030 memiliki distribusi weibull 2 parameter, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.14). Perhitungan *reliability* FIC 030 terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik perhitungan *reliability* FIC ditunjukkan dengan pada gambar 4.8.

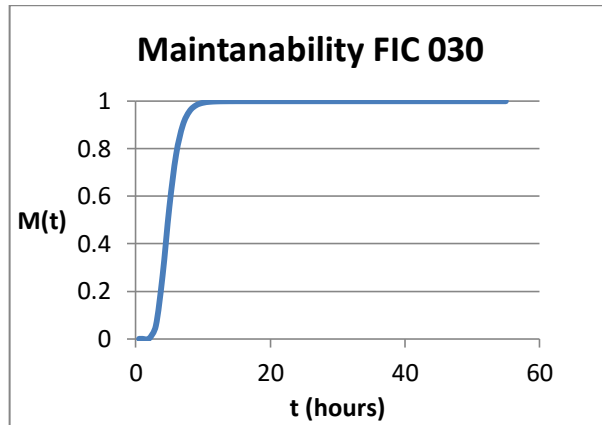


Gambar 4.8 Grafik *Reliability* FIC 030

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa komponen FIC 030 mencapai nilai *reliability* 0,8 pada waktu 2800 jam. Sehingga, FIC 030 dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 80% adalah setiap 2800 jam. Nilai *reliability* FIC 030 pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,40, sehingga FIC 030 perlu dilakukan perawatan rutin setiap 2800 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* menggunakan distribusi data TTR. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal pada data TTR FIC 030 memiliki parameter *mean* (μ) = 1,5696 dan *std* (σ) = 0,295. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.17) sebesar 5,02 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.16) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik *Maintanability* FIC 030

Pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan FIC 030 untuk melakukan perawatan dan perbaikan agar nilai *maintanability* mencapai 100% adalah 21 jam.

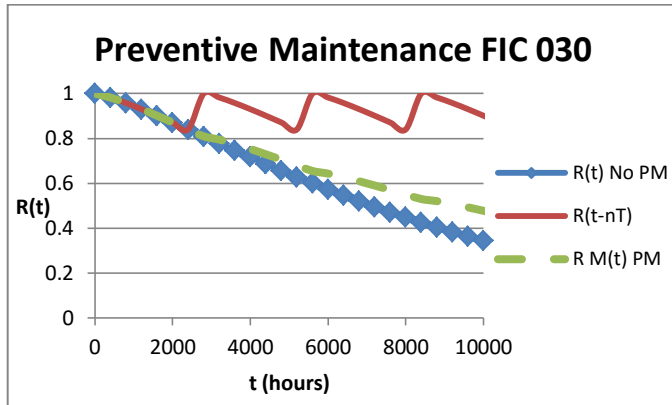
- *Availability* (Ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 8848,501 jam dan MTTR = 5,02 jam. Perhitungan *avaibility* menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,998079. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan FIC 030 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,80%.

- *Preventive Maintenance*

FIC 030 memiliki distribusi Weibull 2 parameter, sehingga diperlukan langkah untuk meningkatkan nilai *reliability*, salah satunya adalah *preventive maintenance*. Nilai *reliability* untuk *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan

(2.27). Rentang waktu yang diperlukan untuk *preventive maintenance* pada FIC 030 adalah 2800 jam karena nilai *reliability* sebelum *preventive maintenance* sebesar 0,809291. Perhitungan *reliability* untuk *preventive maintenance* terdapat pada lampiran B. Hasil grafik ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik *Reliability* untuk *Preventive Maintenance* FIC 030

Pada gambar 4.10 menunjukkan pada waktu 8760 jam, nilai *reliability* FIC 030 dengan *preventive maintenance* sebesar 0,52, sedangkan nilai *reliability* tanpa *preventive maintenance* hanya sebesar 0,41. Maka, dapat dikatakan bahwa *preventive maintenance* dapat meningkatkan nilai *reliability* FIC 030.

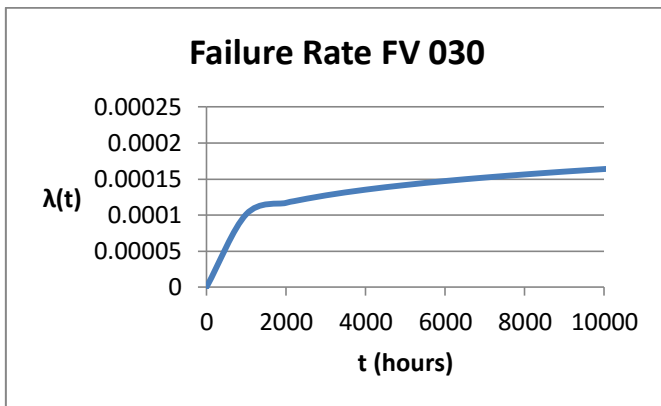
4.1.4 Analisa Kuantitatif FV 030

Data kegagalan FV 030 yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.4.

Tabel 4.6 Data *Daily Report Maintenance* FV 030

plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
4/7/2011	4/7/2011	0	4	0
8/20/2012	8/20/2012	12020	4	12024
10/15/2013	10/15/2013	10099	5	10104
12/14/2013	12/14/2013	1432	8	1440
8/22/2014	8/22/2014	6020	4	6024
11/15/2015	11/15/2015	10796	4	10800

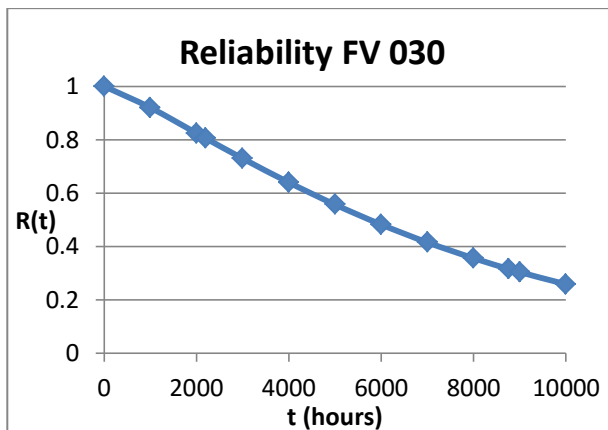
Validasi distribusi data *maintenance* FV 030 dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF FV 030 adalah distribusi Weibull 2. Nilai parameter pada distribusi Weibull 2 diperoleh nilai beta (β) = 1,2095 dan eta (θ) = 7777,0064. Nilai MTTF dihitung dengan menggunakan persamaan (2.17) dan didapatkan 7307,975144 jam. Grafik laju kegagalan FV 030 ditunjukkan pada gambar 4.11

**Gambar 4.11** Grafik Laju Kegagalan FV 030

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa karakteristik laju kegagalan FV 030 meningkat seiring dengan lamanya waktu beroperasi (IFR). Pada kondisi ini, FV 030 berada pada fase *wear-out*.

- *Reliability*

FV 030 memiliki distribusi weibull 2 parameter, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.14). Perhitungan *reliability* FV 030 terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik perhitungan *reliability* FV 030 ditunjukkan pada gambar 4.12.

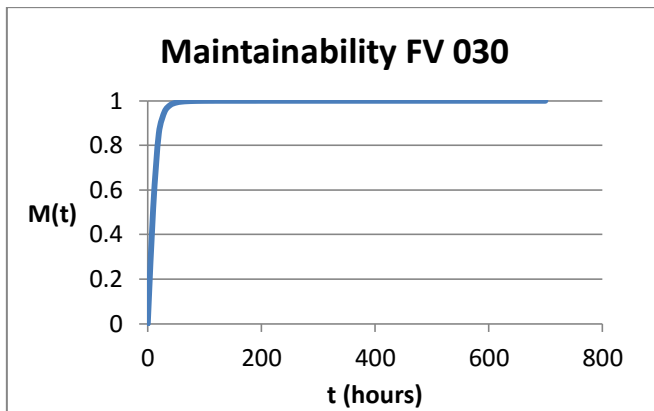


Gambar 4.12 Grafik *Reliability* FV 030

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa komponen FV 030 mencapai nilai *reliability* 0,8 pada waktu 2200 jam. Sehingga, FV 030 dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 80% adalah setiap 2200 jam. Nilai *reliability* FV 030 pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,31, sehingga FV 030 perlu dilakukan perawatan rutin setiap 2200 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* menggunakan distribusi data TTR. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal pada data TTR FV 030 memiliki parameter *mean* (μ) = 2,2733 dan *std* (σ) = 0,6838. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.22) sebesar 2,5 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.21) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik *Maintainability* FV 030

Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan FV 030 untuk melakukan perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah 640 jam.

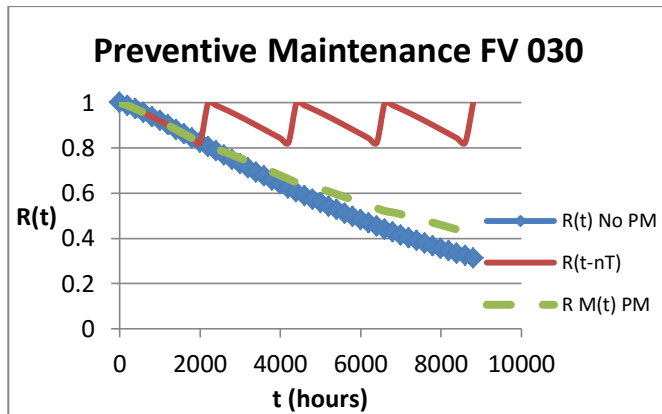
- *Availability* (ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 7297,948 jam dan MTTR = 2,5 jam. Perhitungan

availability menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,999657321. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan FIC 030 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,99%.

- *Preventive Maintenance*

FV 030 memiliki distribusi Weibull 2 parameter, sehingga diperlukan langkah untuk meningkatkan nilai *reliability*, salah satunya adalah *preventive maintenance*. Nilai *reliability* untuk *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.27). Rentang waktu yang diperlukan untuk *preventive maintenance* pada FV 030 adalah 2200 jam karena nilai *reliability* sebelum *preventive maintenance* sebesar 0,804824. Perhitungan *reliability* untuk *preventive maintenance* terdapat pada lampiran B. Hasil grafik ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik *Reliability* untuk *Preventive Maintenance* FV 030

Pada gambar 4.14 menunjukkan pada waktu 7000 jam, nilai *reliability* FV 030 dengan *preventive maintenance* sebesar 0,50, sedangkan nilai *reliability* tanpa *preventive maintenance* hanya sebesar 0,41. Maka, *reliability* FV 030 dapat meningkatkan dengan

melakukan tindakan *preventive maintenance* setiap 2200 jam.

4.1.5 Analisa Kuantitatif Interlock USD

Data kegagalan Interlock USD yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.5.

Tabel 4.7 Data *Daily Report Maintenance* Interlock USD

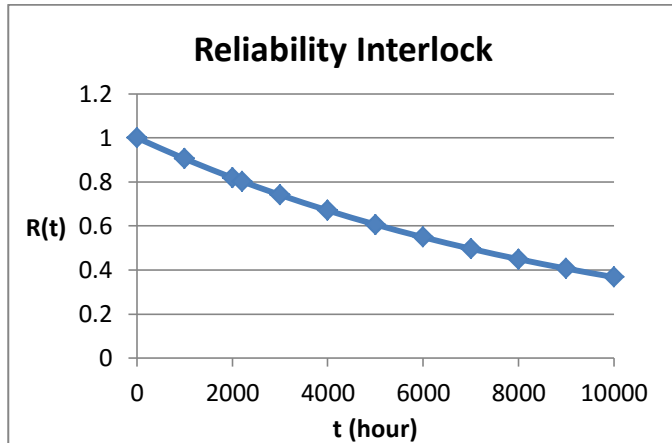
plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
1/1/2011	1/1/2011	0	2	0
2/10/2011	2/10/2011	958	2	960
12/15/2012	12/15/2012	16172	4	16176
1/13/2013	1/13/2013	694	2	696
4/29/2014	4/29/2014	11301	3	11304
1/17/2015	1/17/2015	6310	2	6312

Validasi distribusi data *maintenance* Interlock USD dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF Interlock USD 030 adalah distribusi eksponensial. Distribusi ini sesuai dengan teori yang menunjukkan bahwa peralatan elektrik memiliki laju kegagalan yang konstan. Nilai parameter pada distribusi eksponensial diperoleh nilai lamda (λ) sebesar 0,0001 dan dengan menggunakan persamaan (2.12) didapatkan nilai MTTF sebesar 10000 jam. Grafik laju kegagalan Interlock USD 030 ditunjukkan pada gambar 4.16.

Laju kegagalan FY 030 konstan karena memiliki nilai laju kegagalan yang sama dan tidak berubah terhadap waktu. Sehingga, FY 030 berada pada fase *useful life* dimana kegagalan terjadi secara random.

- *Reliability*

Interlock USD memiliki distribusi eksponensial, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.9). Perhitungan *reliability* Interlock USD terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik perhitungan *reliability* Interlock USD ditunjukkan dengan pada gambar 4.15.



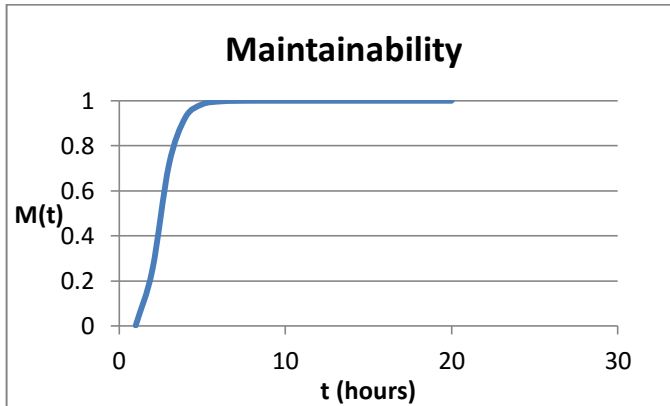
Gambar 4.15 Grafik *Reliability* Interlock USD

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa nilai komponen Interlock USD dapat mencapai nilai *reliability* sebesar 0,8 pada waktu 2200 jam. Sehingga, Interlock USD dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 0,8 adalah setiap 2200 jam. Nilai *reliability* Interlock USD pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,41, sehingga Interlock USD perlu dilakukan perawatan rutin setiap 2200 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* menggunakan distribusi data TTR. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal pada data TTR Interlock USD memiliki parameter *mean* (μ) = 0,9129

dan std (σ) = 0,3243. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.22) sebesar 2,62 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.21) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik *Maintainability* Interlock USD

Pada gambar 4.16 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan Interlock USD untuk melakukan perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah 13 jam.

- *Availability* (Ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 7297,948 jam dan MTTR = 2,62 jam. Perhitungan *availability* menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,997381. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan FIC 030 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,73%.

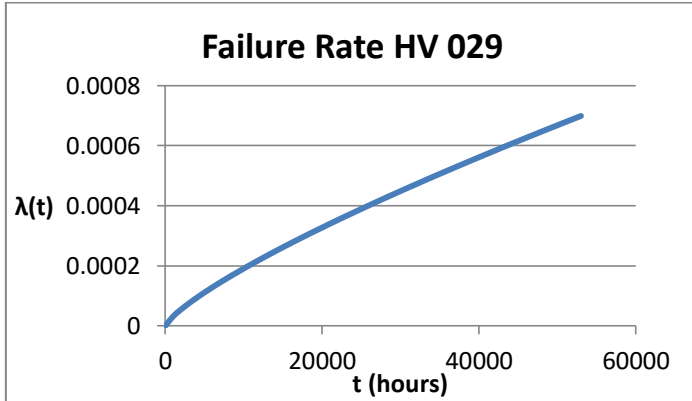
4.1.6 Analisa Kuantitatif HV 029

Data kegagalan HV 029 yang diperoleh dari tahun 2011 – 2015 terdapat pada tabel 4.6.

Tabel 4.8 Data *Daily Report Maintenance* HV 029

plant started	plant complete	Time to Failure (hours)	Time to Repair (hours)	Time between Failure (hours)
4/7/2011	4/7/2011	0	3	0
2/23/2012	2/23/2012	7726	2	7728
7/20/2012	7/20/2012	3549	3	3552
5/15/2013	5/15/2013	7172	4	7176
1/21/2015	1/21/2015	14776	8	14784

Validasi distribusi data *maintenance* HV 029 dengan menggunakan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* terdapat pada lampiran A. Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa distribusi yang paling baik untuk data TTF HV 029 adalah distribusi Weibull 2 Parameter. Distribusi ini sesuai dengan teori yang menunjukkan bahwa peralatan mekanik cenderung memiliki laju kegagalan yang meningkat seiring dengan lama waktu pemakaian. Nilai parameter pada distribusi Weibull 2 diperoleh nilai beta (β) = 1,778 dan eta (θ) = 96064089. Nilai MTTF dihitung dengan menggunakan persamaan (2.17) dan didapatkan 8546,246514 jam. Grafik laju kegagalan Interlock USD 030 ditunjukkan pada gambar 4.17.

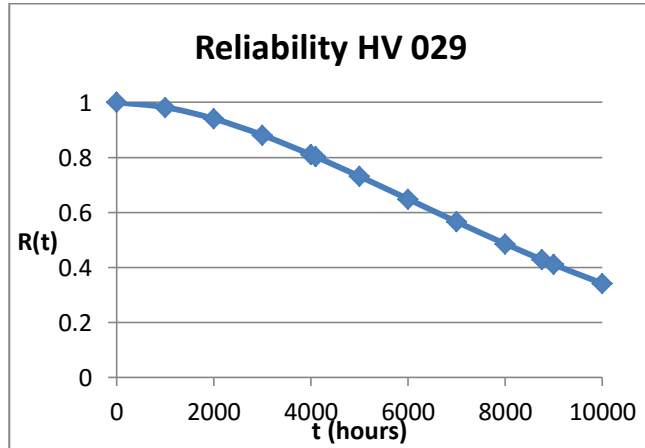


Gambar 4.17 Grafik Laju Kegagalan HV 029

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa karakteristik laju kegagalan HV 029 meningkat seiring dengan lamanya waktu beroperasi (IFR). Pada kondisi ini, HV 029 berada pada fase *wear-out*.

- *Reliability*

HV 029 memiliki distribusi Weibull 2 Parameter, maka perhitungan nilai *reliability* menggunakan persamaan (2.14). Perhitungan *reliability* HV 029 terdapat waktu terdapat pada lampiran B. Grafik perhitungan *reliability* HV 029 ditunjukkan dengan pada gambar 4.18

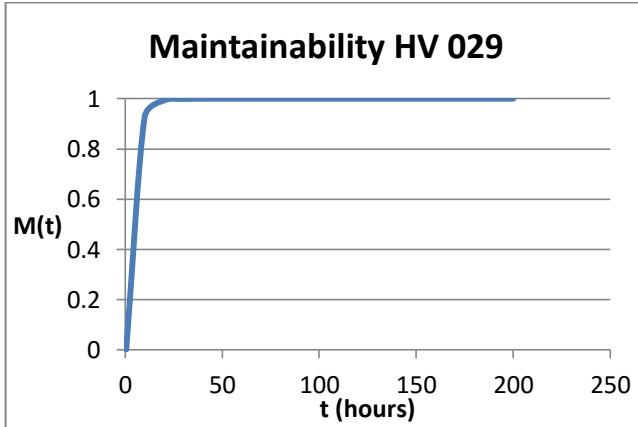


Gambar 4.18 Grafik *Reliability* HV 029

Gambar 4.18 menunjukkan bahwa komponen HV 029 mencapai nilai *reliability* 0,8 pada waktu 4100 jam. Sehingga, HV 029 dapat menjalankan fungsinya dengan peluang keberhasilan 80% adalah setiap 4100 jam. Nilai *reliability* HV 029 pada waktu operasi 8760 jam (1 tahun) sebesar 0,43, sehingga HV 029 perlu dilakukan perawatan rutin setiap 4100 jam dalam periode 1 tahun.

- *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* menggunakan distribusi data TTR. Hasil uji distribusi data TTR diperoleh distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal pada data TTR HV 029 memiliki parameter *mean* (μ) = 1,3144 dan *std* (σ) = 0,679. Maka, nilai MTTR diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.16) sebesar 1,54 jam. Perhitungan *maintainability* terhadap waktu menggunakan persamaan (2.5) dan terdapat pada lampiran B. Hasil perhitungan *maintainability* ditunjukkan pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Grafik *Maintainability* HV 029

Pada gambar 4.19 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan HV 029 untuk melakukan perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah 110 jam.

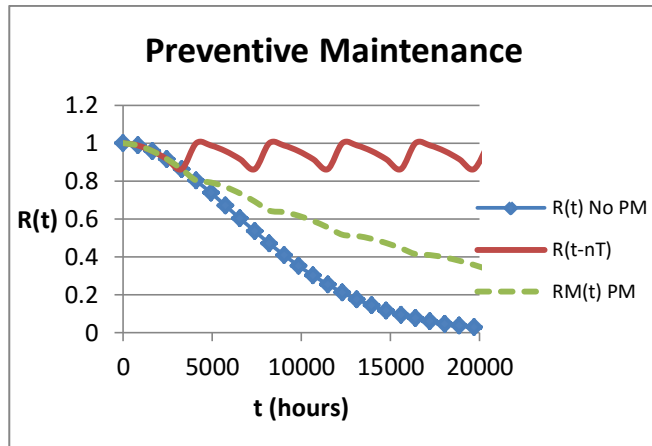
- *Availability* (Ketersediaan)

Perhitungan nilai *availability* dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi data TBF dan TTR. Berdasarkan hasil uji distribusi, diperoleh nilai MTBF = 8549,294 jam dan MTTR = 1,54 jam. Perhitungan *availability* menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan nilai *availability* sebesar 0,999819325. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan HV 029 menjalankan fungsinya dalam waktu interval waktu tertentu adalah 99,98%.

- *Preventive Maintenance*

HV 029 memiliki distribusi Weibull 2 parameter, sehingga diperlukan langkah untuk meningkatkan nilai *reliability*. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah *preventive maintenance*. Nilai *reliability* untuk *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.27). Rentang waktu yang diperlukan untuk

preventive maintenance pada HV 030 adalah 4100 jam karena nilai *reliability* sebelum *preventive maintenance* sebesar 0,802472678. Perhitungan *reliability* untuk *preventive maintenance* terdapat pada lampiran B. Hasil grafik ditunjukkan pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik *Reliability* untuk *Preventive Maintenance HV 029*

Pada gambar 4.20 menunjukkan pada waktu 8200 jam, nilai *reliability* HV 020 dengan *preventive maintenance* sebesar 0,64, sedangkan nilai *reliability* tanpa *preventive maintenance* hanya sebesar 0,47. Maka, *reliability* HV 29 dapat meningkatkan dengan melakukan tindakan *preventive maintenance* setiap 8200 jam.

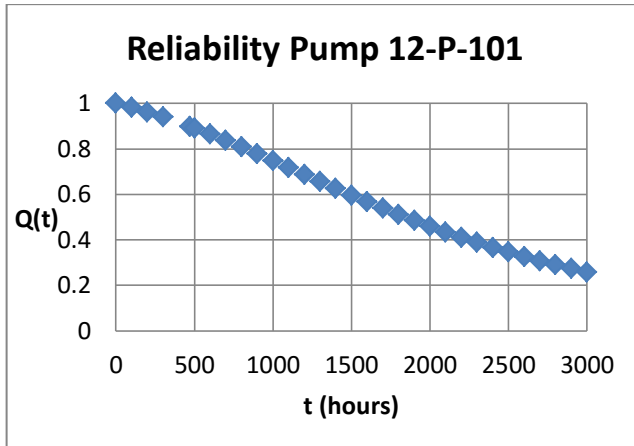
4.1.7 Analisa Kuantitatif Reactor Feed Pump 12-P-101

Analisa kuantitatif sistem *reactor feed pump* 12-P-101 menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*). Konfigurasi RBD sistem *reactor feed pump* terdapat pada lampiran C.

- *Reliability*

Sistem *reactor feed pump* 12-P-101 memiliki konfigurasi seri, sehingga perhitungan *reliability* dengan

metode RBD menggunakan persamaan (2.28). Hasil perhitungan *reliability* terdapat pada lampiran D. Grafik hasil *reliability* sistem *reactor feed pump* 12-P-101 ditunjukkan pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Grafik *Reliability* Sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa *reactor feed pump* 12-P-101 mencapai nilai *reliability* 0,8 pada waktu 800 jam. Pada waktu 2000 jam, *reliability* sistem mencapai 0,458586. Nilai *reliability* ini lebih kecil bila dibandingkan dengan *reliability* komponen pada *reactor feed pump* 12-P-101 rata-rata berada pada nilai 0,78. Hal ini disebabkan karena *reliability* sistem pompa 12-P-101 bergantung pada *reliability* komponen pada *reactor feed pump* 12-P-101. Selain itu, komponen-komponen tersebut telah beroperasi sejak tahun 1994 sehingga nilai keandalannya semakin kecil. Kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi sepanjang waktu operasi mempengaruhi nilai keandalan komponen-komponen *reactor feed pump* 12-P-101.

- *Availability*

Perhitungan *availability* ($A_{(i)}$) atau ketersediaan dari sistem *reactor feed pump* 12-P-101 berdasarkan konfigurasi RBD menggunakan persamaan (2.29). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *availability* sistem sebesar 0,998479504. Sehingga, sistem pompa 12-P-101 memiliki ketersediaan yang tinggi selama waktu pengoperasiannya yaitu sebesar 99,84%.

4.2 Analisa Kualitatif

Pada analisa kualitatif sistem pompa 12-P-101 digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode Effect & Analysis* (FMEA). Metode FTA menggunakan logika *Boolean algebra* untuk mengetahui hubungan penyebab kegagalan sistem BPCS dan SIS pompa 12-P-101. Sedangkan metode FMEA menjabarkan kegagalan fungsi, efek kegagalan, penyebab kegagalan, dan rekomendasi perbaikan yang sesuai.

4.2.1 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisa FTA sistem pompa 12-P-101 terdapat pada lampiran D. Hasil analisa FTA diperoleh *basic event* yang merupakan penyebab kejadian dasar kegagalan BPCS dan SIS pompa 12-P-101. Metode FTA juga dapat dilakukan analisa kuantitatif, yaitu menghitung probabilitas kegagalan *top event* dari tiap-tiap *basic event*. Nilai probabilitas kegagalan (*unreliability*) didapatkan dari nilai $1 - \text{reliability}$ tiap komponen. Logika OR menggunakan persamaan seperti persamaan konfigurasi RBD seri dan logika AND menggunakan persamaan seperti pada persamaan konfigurasi parallel. Berdasarkan analisa FTA, pompa 12-P-101 hanya mempunyai logika OR, sehingga menggunakan persamaan 4.1:

$$R(t) = Ra * Rb \quad (4.1)$$

Tabel 4.9 Data *Unreliability* Komponen Sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101 Pada 8760 jam

Komponen	<i>Unreliability</i> (Q)
FT 030	0,87
FIC 030	0,59
FY 030	0,58
FV 030	0,68

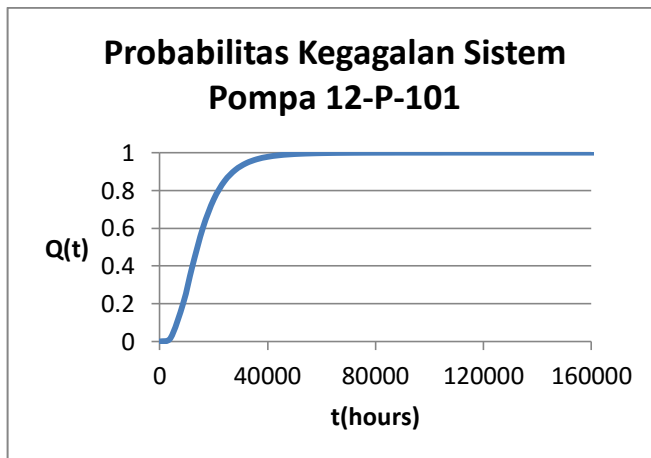
Tabel 4.7 merupakan contoh data *unreliability* yang dapat digunakan untuk analisa FTA secara kuantitatif. Logika yang digunakan dalam komponen pada sistem ini adalah OR, maka perhitungan sistem menggunakan persamaan 4.1

$$Q(8760) = Q_{FT\ 030} * Q_{FIC\ 030} * Q_{FY\ 030} * Q_{FV\ 030}$$

$$Q(8760) = 0,869702401 * 0,593230214 * 0,583554634 * 0,684891407$$

$$Q(8760)=0,21$$

Perhitungan *reliability* lebih lengkap terdapat pada lampiran E. Grafik hasil perhitungan probabilitas kegagalan menggunakan FTA ditunjukkan pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Grafik *Reliability* Sistem *Reactor Feed Pump* 12-P-101 dengan FTA

Hasil perhitungan probabilitas kegagalan sistem pompa 12-P-101 dalam waktu satu tahun (8760 jam) sebesar 0,20 atau 20%. Pada gambar 4.24 menunjukkan probabilitas kegagalan sistem pompa 12-P-101 mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu pengoperasian. Hal ini disebabkan probabilitas kegagalan tiap komponen berpengaruh pada lama waktu operasi (*time dependant*). Sistem Pompa 12-P-101 mengalami kegagalan sebesar 100% pada waktu operasi 16800 jam (19 tahun). Berdasarkan tinjauan lapangan, sistem pompa pernah mengalami kegagalan sistem (*shut down*) pada tahun 2012 dan hal ini menunjukkan perhitungan teori sesuai dengan kondisi lapangan.

4.2.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Analisa kualitatif FMEA sistem pompa 12-P-101 terdapat pada lampiran F. Hasil analisa FMEA didapatkan informasi kegagalan fungsi, efek kegagalan, penyebab kegagalan, dan rekomendasi perbaikan dari BPCS dan SIS *reactor feed pump* 12-P-101. Pada analisa FMEA, dasar mengisi kolom kegagalan fungsi, efek kegagalan, dan penyebab kegagalan mengacu pada beberapa referensi sebagai berikut:

- OREDA “Offshore Reliability Data”, SINTEF Industrial Management, 2002
- Understanding and Applying the Fundamentals of FMEA, IEEE, 2015

Hasil analisa kuantitatif memiliki hubungan terhadap analisa kualitatif. *Life cycle* untuk mencapai *reliability* 0,8 diperoleh dari analisa kuantitatif digunakan untuk rekomendasi perbaikan sebagai acuan waktu untuk dilakukan perbaikan agar nilai *reliability* komponen tetap terjaga sebesar 0,8. Sehingga, perusahaan dapat melakukan perencanaan perbaikan sesuai dengan *life cycle* yang ada agar efektif dan efisien. Waktu *life cycle* yang didapat tiap komponen berbeda-beda.

4.3 Rekomendasi *Maintenance* Komponen *Reactor Feed Pump* 12-P-101

Berdasarkan hasil analisa kuantitatif yang telah diperoleh, maka dapat dibuat rekomendasi *maintenance* yang tepat untuk komponen-komponen instrumentasi *reactor feed pump* 12-P-101. Rekomendasi *maintenance* dibuat berdasarkan karakteristik *failure rate* yang dimiliki tiap komponen.

Tabel 4.10 Rekomendasi *Maintenance* Komponen Instrumen *Reactor Feed Pump* 12-P-101

Komponen	Distribusi Data	$R(t)$ pada 8760 jam	<i>Life Cycle</i> (jam)	Rekomendasi <i>maintenance</i>
FT 030	Lognormal DFR ($\mu = 8,2026$)	0,130298	1850	<i>Preventive maintenance</i>
FY 030	Ekspensial CFR ($\lambda = 0,0001$)	0,4164453 66	2200	<i>Corrective maintenance</i>
FIC 030	Weibull 2 Parameter IFR ($\beta = 1,2688$)	0,4067697 86	2800	<i>Preventive maintenance</i>
FV 030	Weibull 2 Parameter 2 IFR ($\beta = 1,2095$)	0,3151085 93	2200	<i>Preventive maintenance</i>
<i>Interlock</i> USD (PLC)	Ekspensial IFR ($\lambda = 0,0001$)	0,4164453 66	2200	<i>Corrective maintenance</i>
HV 029	Weibull 2 parameter IFR ($\beta = 1,778$)	0,4279504 27	4100	<i>Preventive maintenance</i>

Tabel 4.8 menunjukkan rekomendasi perbaikan komponen yang diberikan pada setiap komponen instrumen *reactor feed pump*. Rekomendasi *preventive maintenance* diberikan pada komponen instrumen yang memiliki karakteristik laju kegagalan IFR dan DFR. Laju kegagalan yang meningkat dan menurun secara dratis memiliki peluang kerusakan yang tinggi, sehingga perlu dilakukan tindakan perawatan yang terjadwal untuk menghindari kerusakan komponen secara tiba-tiba. Rekomendasi *corrective maintenance* diberikan pada komponen instrumen yang memiliki karakteristik laju kegagalan CFR. Laju kegagalan yang konstan cenderung masih dalam kondisi yang baik dan resiko kerusakan alatnya rendah, sehingga perawatan komponen diberikan ketika komponen rusak. Hal ini dilakukan untuk efisiensi tenaga dan biaya bagi perusahaan.

“Halaman ini memang dikosongkan”

LAMPIRAN A

- *Fitting* Distribusi FT 030

Fitting distribusi FT 030 menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function*. Gambar A.1 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi lognormal dengan rata-rata DESV 130. Sehingga, komponen FT 030 memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* FT 030 adalah distribusi lognormal.



Gambar A.13 *Fitting* Distribusi Data FT 030

- *Fitting* Distribusi FY 030

Fitting distribusi FY 030 menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function*. Gambar A.2 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi eksponensial dengan rata-rata DESV 150. Sehingga, komponen FY 030 memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* FY 030 adalah distribusi eksponensial.



Gambar A.14 Fitting Distribusi Data FY 030

- *Fitting Distribusi FIC 030*

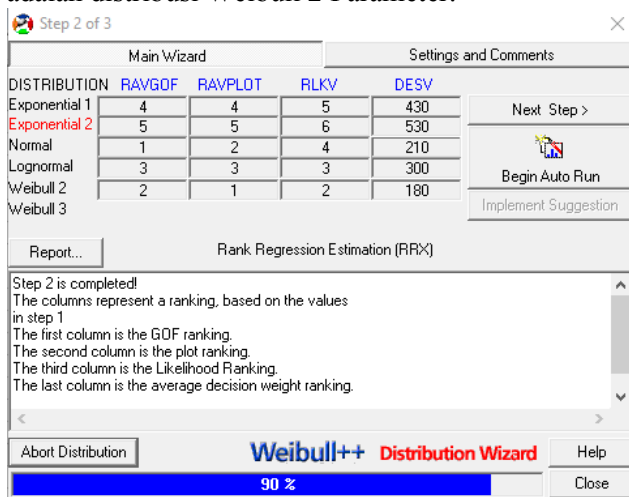
Fitting distribusi FIC 030 menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function*. Gambar A.3 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi Weibull 2 Parameter 1 dengan rata-rata DESV 180. Sehingga, komponen FIC 030 memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* FIC 030 adalah distribusi Weibull 2 Parameter.



Gambar A.15 Fitting Distribusi Data FIC 030

- *Fitting* Distribusi FV 030

Fitting distribusi FV 030 menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi, dan *likelihood function*. Gambar A.4 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi Weibull 2 Parameter dengan rata-rata DESV 180. Sehingga, komponen FV 030 memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* FV 030 adalah distribusi Weibull 2 Parameter.



Gambar A.16 *Fitting* Distribusi Data FV 030

- *Fitting* Distribusi Interlock USD

Fitting distribusi Interlock USD menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi, dan *likelihood function*. Gambar A.5 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi eksponensial dengan rata-rata DESV 130. Sehingga, komponen Interlock USD memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* Interlock USD adalah distribusi eksponensial.



Gambar A.17 Fitting Distribusi Data Interlock USD

- *Fitting Distribusi HV 029*

Fitting distribusi HV 029 menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi, dan *likelihood function*. Gambar A.6 menunjukkan RAVGOF, FAVPLOT, dan RLKV memiliki peringkat tertinggi pada distribusi Weibull 2 parameter dengan rata-rata DESV 130. Sehingga, komponen HV 029 memiliki distribusi yang paling sesuai untuk mewakili data *maintenance* HV 029 adalah distribusi Weibull 2 parameter.



Gambar A.18 Fitting Distribusi Data HV 02

LAMPIRAN B**Tabel B.1** Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) FT 030

t	λ	R	t	M(t)
500	6.53E-17	0.99469	0	0.054155
1000	1.73E-20	0.951955	1	0.146865
1850	6.93E-24	0.808801	2	0.310615
2000	2.5E-24	0.780325	3	0.524622
3000	1.15E-26	0.599555	4	0.731587
4000	2.35E-28	0.45322	5	0.879699
5000	1.12E-29	0.342993	6	0.958127
6000	9.1E-31	0.261533	7	0.98885
7000	1.08E-31	0.20137	8	0.997752
8000	1.7E-32	0.156643	9	0.999659
8760	4.81E-33	0.130298	10	0.999961
9000	3.3E-33	0.123081	11	0.999997
10000	7.6E-34	0.097638	12	1
11000	2.01E-34	0.078151	13	1
12000	5.94E-35	0.063077	14	1
13000	1.94E-35	0.051307	15	1
14000	6.85E-36	0.042034	16	1
15000	2.6E-36	0.034668	17	1
16000	1.05E-36	0.028771	18	1
17000	4.47E-37	0.024016	19	1
18000	2E-37	0.020156	20	1
19000	9.34E-38	0.017002	21	1
20000	4.53E-38	0.01441	22	1

Tabel B.2 Tabel Perhitungan *Preventive Maintenance* FT 030

t	R(t)	R M(t) PM
1	1	1
185	0.999936634	0.999937
370	0.998369005	0.998369
555	0.992257005	0.992257
740	0.979870701	0.979871
925	0.961159737	0.96116
1110	0.936990316	0.93699
1295	0.908549807	0.90855
1480	0.877029649	0.87703
1665	0.84348701	0.843487
1850	0.808800752	0.808801
2035	0.773672049	0.80875
2220	0.738643555	0.807482
2405	0.70412429	0.802538
2590	0.670414317	0.79252
2775	0.63772677	0.777387
2960	0.606206517	0.757838
3145	0.575945484	0.734836
3330	0.546994998	0.709342
3515	0.519375606	0.682213
3700	0.493084818	0.654159
3885	0.468103161	0.654117
4070	0.444398904	0.653092

Tabel B.3 Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) FIC 030

t	λ	R	t	M(t)
0	0	1	0.5	8.58E-15
1000	7.27E-05	0.944311	1	5.17E-08
2000	8.76E-05	0.871037	2	0.001484
2800	9.59E-05	0.809291	3	0.055181
3000	9.77E-05	0.793775	4	0.267176
4000	0.000106	0.716987	5	0.553711
5000	0.000112	0.64302	6	0.7743
6000	0.000118	0.573205	7	0.898956
7000	0.000123	0.508276	8	0.958031
8000	0.000127	0.448579	9	0.983312
8760	0.00013	0.40677	10	0.993517
9000	0.000131	0.394202	11	0.997506
10000	0.000135	0.345061	12	0.999041
11000	0.000139	0.30095	13	0.99963
12000	0.000142	0.26159	14	0.999856
13000	0.000145	0.226657	15	0.999943
14000	0.000148	0.195801	16	0.999977
15000	0.000151	0.168666	17	0.999991
16000	0.000153	0.144899	18	0.999996
17000	0.000156	0.124162	19	0.999998
18000	0.000158	0.106131	20	0.999999
19000	0.00016	0.090504	21	1
20000	0.000163	0.077003	22	1

Tabel B.4 Tabel Perhitungan *Preventive Maintenance* FIC 030

t	R(t)	R M(t) PM
0	1	1
400	0.982243	0.982243
800	0.957747	0.957747
1200	0.930332	0.930332
1600	0.901202	0.901202
2000	0.871037	0.871037
2400	0.840291	0.840291
2800	0.809291	0.809291
3200	0.778285	0.79492
3600	0.747466	0.775096
4000	0.716987	0.752909
4400	0.68697	0.729334
4800	0.657513	0.704922
5200	0.628694	0.680039
5600	0.600576	0.654951
6000	0.573205	0.643321
6400	0.546621	0.627278
6800	0.52085	0.609322
7200	0.495912	0.590243
7600	0.471819	0.570487
8000	0.448579	0.550349

Tabel B.5 Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) FY 030

t	λ	R	t	M(t)
0	0.0001	1	0.1	1.66252E-12
1000	0.0001	0.904837	1	0.227094977
2000	0.0001	0.818731	2	0.86915264
2200	0.0001	0.802519	3	0.986680502
3000	0.0001	0.740818	4	0.998619824
4000	0.0001	0.67032	5	0.999838124
5000	0.0001	0.606531	6	0.999978208
6000	0.0001	0.548812	7	0.999996661
7000	0.0001	0.496585	8	0.999999425
8000	0.0001	0.449329	9	0.99999989
9000	0.0001	0.40657	10	0.999999977
10000	0.0001	0.367879	11	0.999999995
11000	0.0001	0.332871	12	0.999999999
12000	0.0001	0.301194	13	1
13000	0.0001	0.272532	14	1
14000	0.0001	0.246597	15	1
15000	0.0001	0.22313	16	1
16000	0.0001	0.201897	17	1
17000	0.0001	0.182684	18	1
18000	0.0001	0.165299	19	1
19000	0.0001	0.149569	20	1
20000	0.0001	0.135335	21	1
21000	0.0001	0.122456	22	1

Tabel B.6 Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) FV 030

t	λ	R(t)	t	M(t)
0	0	1	0.5	7.18339E-06
1000	0.000101	0.919736	10	0.517080274
2000	0.000117	0.824078	20	0.854629269
2200	0.000119	0.804824	30	0.95047278
3000	0.000127	0.729084	40	0.980781595
4000	0.000135	0.63925	50	0.991723631
5000	0.000142	0.556497	60	0.996129062
6000	0.000147	0.481574	70	0.99806493
7000	0.000152	0.414593	80	0.998978247
8000	0.000156	0.355303	90	0.999435197
8760	0.000159	0.315109	100	0.999675381
9000	0.00016	0.303245	110	0.999807053
10000	0.000164	0.257848	120	0.999881908
11000	0.000167	0.218495	130	0.999925835
12000	0.00017	0.184559	140	0.999952344
13000	0.000173	0.15543	150	0.999968744
14000	0.000176	0.130534	160	0.999979119
15000	0.000178	0.109337	170	0.999985815
16000	0.000181	0.091354	180	0.999990216
17000	0.000183	0.076148	190	0.999993156
18000	0.000185	0.06333	200	0.999995152
19000	0.000188	0.052556	210	0.999996525
20000	0.00019	0.043525	220	0.999997481

Tabel B.7 Tabel Perhitungan *Preventive Maintenance* FV 030

t	R(t)	R M(t) PM
0	1	1
200	0.988127	0.988127
400	0.972756	0.972756
600	0.955896	0.955896
800	0.93812	0.93812
1000	0.919736	0.919736
1200	0.900945	0.900945
1400	0.881887	0.881887
1600	0.862671	0.862671
1800	0.843379	0.843379
2000	0.824078	0.824078
2200	0.804824	0.804824
2400	0.785662	0.795268
2600	0.766631	0.782898
2800	0.747763	0.769328
3000	0.729084	0.755021
3200	0.710619	0.740226
3400	0.692388	0.725102
3600	0.674407	0.709764
3800	0.65669	0.694298
4000	0.63925	0.678772
4200	0.622097	0.663238
4400	0.605239	0.647742

Tabel B.8 Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) Interlock USD

t	λ	R	t	M(t)
0	0.0001	1	1	0.002439
1000	0.0001	0.904837	2	0.249006
2000	0.0001	0.818731	3	0.716561
2200	0.0001	0.802519	4	0.92782
3000	0.0001	0.740818	5	0.984136
4000	0.0001	0.67032	6	0.996636
5000	0.0001	0.606531	7	0.999277
6000	0.0001	0.548812	8	0.999839
7000	0.0001	0.496585	9	0.999963
8000	0.0001	0.449329	10	0.999991
9000	0.0001	0.40657	11	0.999998
10000	0.0001	0.367879	12	0.999999
11000	0.0001	0.332871	13	1
12000	0.0001	0.301194	14	1
13000	0.0001	0.272532	15	1
14000	0.0001	0.246597	16	1
15000	0.0001	0.22313	17	1
16000	0.0001	0.201897	18	1
17000	0.0001	0.182684	19	1
18000	0.0001	0.165299	20	1
19000	0.0001	0.149569	21	1
20000	0.0001	0.135335	22	1
21000	0.0001	0.122456	23	1

Tabel B.5 Tabel Perhitungan R(t) dan M(t) HV 029

t	λ	R	t	M(t)
0	0	1	0.5	0.001555
1000	3.18E-05	0.982253	10	0.927214
2000	5.46E-05	0.940438	20	0.99336
3000	7.48E-05	0.88137	30	0.998942
4000	9.36E-05	0.810094	40	0.999765
4100	9.54E-05	0.802473	50	0.999935
5000	0.000111	0.731128	60	0.999979
6000	0.000128	0.648514	70	0.999992
7000	0.000145	0.565736	80	0.999997
8000	0.000161	0.485648	90	0.999999
8760	0.000172	0.42795	100	0.999999
9000	0.000176	0.410437	110	1
10000	0.000191	0.341637	120	1
11000	0.000206	0.280176	130	1
12000	0.00022	0.226453	140	1
13000	0.000234	0.180438	150	1
14000	0.000248	0.141771	160	1
15000	0.000262	0.109866	170	1
16000	0.000275	0.083992	180	1
17000	0.000289	0.063358	190	1
18000	0.000302	0.047166	200	1
19000	0.000315	0.034657	210	1
20000	0.000327	0.02514	220	1

Tabel B.7 Tabel Perhitungan *Preventive Maintenance*
HV 029

t	R(t)	R M(t) PM
0	1	1
820	0.987496	0.987496
1640	0.957766	0.957766
2460	0.915089	0.915089
3280	0.86244	0.86244
4100	0.802473	0.802473
4920	0.73763	0.792439
5740	0.67014	0.768581
6560	0.601981	0.734334
7380	0.534853	0.692085
8200	0.470157	0.643962
9020	0.408994	0.63591
9840	0.35217	0.616765
10660	0.300215	0.589283
11480	0.253416	0.555379
12300	0.21185	0.516762
13120	0.175419	0.510301
13940	0.143894	0.494937
14760	0.116944	0.472884
15580	0.094174	0.445677
16400	0.075155	0.414688
17220	0.059442	0.409502
18040	0.0466	0.397174

Tabel B.9 Tabel Perhitungan $R(t)$ *Reactor Feed Pump* 12-P-101

t	$R(t)$
0	1
100	0.981913
200	0.961295
300	0.939317
470	0.898725
500	0.891113
600	0.864779
700	0.837079
800	0.808224
900	0.778474
1000	0.748109
1100	0.717402
1200	0.68661
1300	0.655962
1400	0.625657
1500	0.595864
1600	0.566724
1700	0.538348
1800	0.510826
1900	0.484223
2000	0.458587

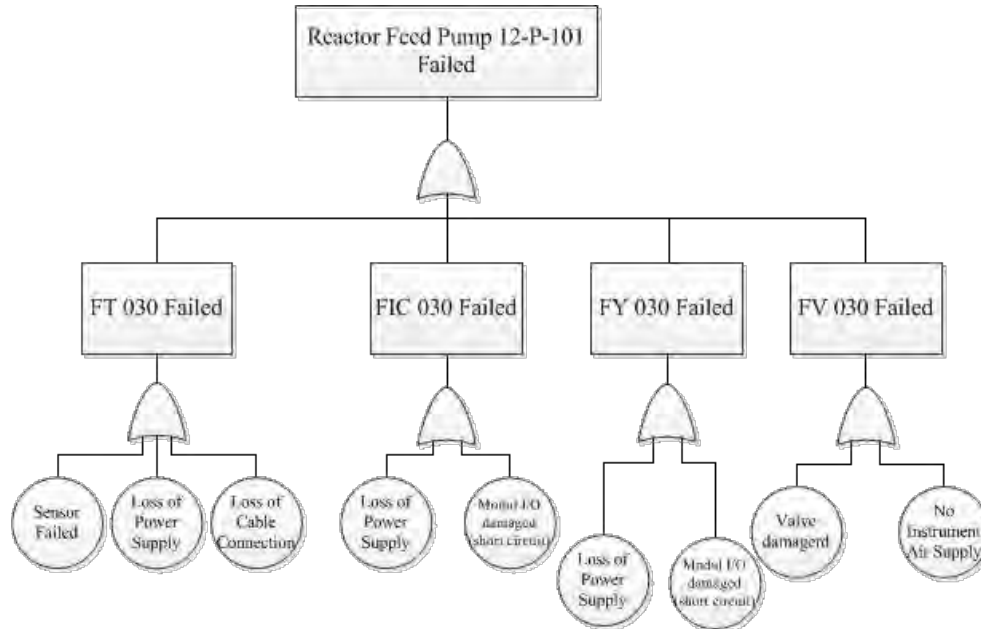
“Halaman ini memang dikosongkan”

LAMPIRAN C
Reliability Block Diagram 12-P-101

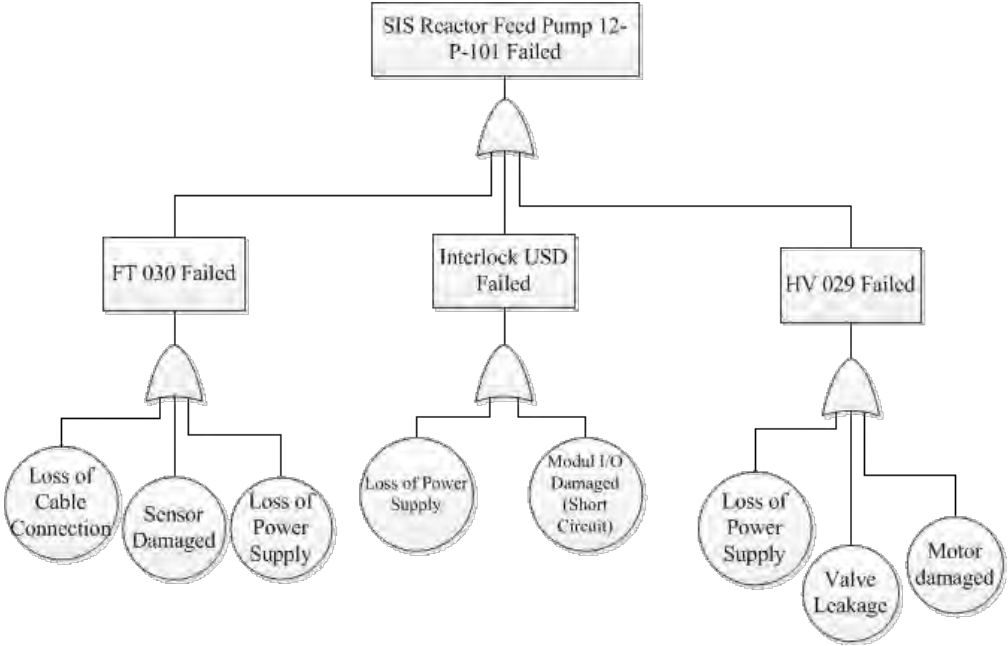


LAMPIRAN D

Fault Tree Analysis BPCS 12-P-101



Fault Tree Analysis SIS 12-P-101



LAMPIRAN E

Tabel E.1 Tabel Perhitungan Probabilitas Kegagalan *Reactor Feed Pump*
12-P-101

t	Q_{FT030}	Q_{FY030}	Q_{FIC030}	Q_{FV030}	Q_{sistem}
0	1.75213E-08	0	0	0	0
4000	0.546779733	0.329679954	0.283012921	0.36075	0.018404
8760	0.869702401	0.583554634	0.593230214	0.684891407	0.206204
12000	0.936923041	0.698805788	0.738409709	0.815441231	0.394231
16000	0.971228921	0.798103482	0.855100613	0.90864618	0.602272
20000	0.985590362	0.864664717	0.922996862	0.956475299	0.752347
24000	0.992245425	0.909282047	0.960491103	0.979914548	0.849179
28000	0.995582554	0.939189937	0.980341627	0.990983406	0.908395
32000	0.997364516	0.959237796	0.990483065	0.996049948	0.943862
36000	0.998366141	0.972676278	0.99550576	0.998307105	0.965086
40000	0.998953717	0.981684361	0.997925474	0.999288828	0.977927
44000	0.999311098	0.98772266	0.999062392	0.999706686	0.985828
48000	0.999535327	0.991770253	0.99958449	0.999881071	0.99078
52000	0.999679865	0.994483436	0.99981923	0.99995254	0.993938
56000	0.99977527	0.996302136	0.999922712	0.999981341	0.995983
60000	0.999839581	0.997521248	0.999967496	0.999992767	0.997322
64000	0.999883753	0.998338443	0.999986542	0.999997233	0.998206
68000	0.999914609	0.998886225	0.999994511	0.999998955	0.998794
72000	0.999936494	0.999253414	0.999997793	0.99999961	0.999187
76000	0.999952234	0.999499549	0.999999125	0.999999856	0.999451
16800	0.99999957	0.999999949	1	1	1

LAMPIRAN F

Tabel FMEA FT 030

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism (s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FT 030 Flow Transmitter sebagai sensor flow <i>crude oil</i> dan mentransmisikan sinyal pembacaan menuju	Flow Transmitter mengirimkan data pembacaan flow yang salah ke DCS. <i>(failed to function on demand)</i>	Nilai pengukuran flow yang tidak terbaca sesuai dengan <i>set point</i> dan menyebabkan plant trip	Setting nilai pembacaan flow transmitter mengalami pergeseran	Kalibrasi FT 030 dengan melakukan cek zero, span	Periksa rutin kondisi pembacaan FT 030 dengan kalibrasi rutin (<i>life cycle 1850 jam</i>)

Tabel FMEA FT 030 (Lanjutan)

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism (s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FT 030	Flow Transmitter tidak dapat mentransmisikan sinyal pembacaan ke DCS. (<i>degraded</i>)	DCS tidak dapat menerima dan memproses sinyal dari transmitter,	FT 030 rusak tidak dapat beroperasi	Komponen sensor diperbaiki jika rusak	Melakukan inspeksi rutin dan rutin mengganti fluida pelindung transmitter (<i>life cycle</i> 1850 jam)
			Kabel koneksi FT 030 lepas dan kendur	Periksa kabel koneksi saat maintenance	Periksa kondisi junction box dan memastikan kabel masih baik tidak kendur (<i>life cycle</i> 1850 jam)
			Loss of Power Supply	Melakukan perbaikan pada power supply	Memastikan power supply selalu tersedia dan periksa kabel koneksi. (<i>life cycle</i> 1850 jam)

Tabel FMEA FIC 030

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism (s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FIC 030 Sebagai logic solver yang menerima sinyal pembacaan dari transmitter dan melakukan aksi pengendalian <i>flow</i>	FIC 030 tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai logic solver (<i>degraded</i>)	Pengendalian proses pompa terganggu, pompa mengalami vibrasi tinggi dan menyebabkan kavitasi	Modul input/output rusak	Mengganti modul input/output yang rusak	Melakukan pemeriksaan rutin pada modul input/output DCS (<i>life cycle</i> 2800 jam)
	Melakukan aksi pengendalian yang tidak sesuai dengan design plant (<i>failed to function on demand</i>)	Gagal melakukan aksi pengendalian pada proses pompa dan sistem dapat trip	Sumber daya listrik pada logic solver tidak stabil	Memeriksa sumber power supply	Mermeriksa secara rutin koneksi listrik selalu tersedia, rutin memeriksa koneksi kabel (<i>life cycle</i> 2800 jam)

Tabel FMEA FY 030

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism (s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FY 030 Sebagai converter yang menerima sinyal digital dari logic solver kemudian diubah menjadi sinyal penumatik	Melakukan aksi konversi sinyal yang tidak sesuai dengan nilai konversi sebenarnya (<i>failed to function on demand</i>)	Pengendalian proses pada <i>control valve</i> tidak sesuai dengan design plant, sistem pompa mengalami gangguan	Setting nilai konversi FY 030 mengalami pergeseran	Kalibrasi nilai pembacaan <i>converter</i>	Melakukan kalibrasi rutin FY 030 dan cek rutin FY 030 (<i>life cycle</i> 2200 jam)
	FY 030 tidak dapat mengonversi sinyal elektrik menjadi pneumatic (<i>degraded</i>)	FY 030 tidak dapat menerima sinyal dari logic solver dan konversi sinyal terganggu	Kabel koneksi yang tidak terpasang dengan baik dan kendur	Melakukan pemeriksaan dan perbaikan pada kabel koneksi	Memastikan power supply selalu tersedia dan periksa kabel koneksi (<i>life cycle</i> 2200 jam)

Tabel FMEA FV 030

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FV 030 Berfungsi menjaga aliran fluida pada pompa dengan cara mengendalikan banyaknya aliran menuju vessel	FV 030 tidak dapat mengalirkan fluida karena terdapat kebocoran flank (<i>degraded</i>)	Fluida Crude oil terbuang dan menyebabkan potensi bahaya lainnya	Flank Valve tegores (rupture)	flank valve rusak diperbaiki	Melakukan pemeriksaan rutin komponen valve dan rekondisi FV 030 (<i>life cycle</i> 2200 jam)
	FV 030 Macet tidak dapat membuka/ menutup dengan tepat (<i>Fail to open/ fail to close</i>)	Pengendalian aliran pada pompa tidak sesuai dengan design plant	Tidak ada supply instrument air	Periksa <i>power</i> menggunakan <i>air supply</i>	Pemeriksaan rutin FV 030, rutin memberikan lubrikasi dan cek power pada actuator/piston valve (<i>life cycle</i> 2200 jam)

Tabel FMEA FV 030 (Lanjutan)

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
FV 030	FV 030 tidak dapat mengendalikan aliran fluida yang masuk (<i>failed to function on demand</i>)	Pengendalian aliran pada pompa tidak dapat terjaga dengan baik dan dapat menyebabkan sistem trip	Actuator valve rusak akibat korosi	Melakukan pemeriksaan tubing instrument air	Melakukan pemeriksaan rutin tubing instrument air dan melakukan simulasi bukaan valve (<i>life cycle 2200 jam</i>)

Tabel FMEA Interlock USD (PLC)

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
Interlock USD (PLC) sebagai logic solver yang menerima sinyal dari switch dan melakukan aksi kontrol untuk sistem pengaman pada pompa	PLC tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai logic solver (<i>degraded</i>)	Tidak dapat menjalankan sistem pengaman (<i>safety event</i>)	Modul input/output rusak	Modul diperbaiki jika rusak	Melakukan cek rutin modul input/output (<i>life cycle 2200 jam</i>)
			Rugi sumber listrik	Melakukan pemeriksaan pada power supply	Memastikan power supply selalu tersedia, periksa rutin koneksi kabel (<i>life cycle 2200 jam</i>)

Tabel FMEA HV 029

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
HV 029 Merupakan Motor Valve yang berfungsi sebagai pengaman sistem pompa ketika kondisi operasi tidak normal.	Motor Valve macet tidak dapat menggerakkan actuator valve (<i>degraded</i>)	Fluida yang masuk ke suction pompa terlalu banyak. Pompa menjadi tidak efisien dan sistem dapat trip	Motor valve terbakar (rupture)	Motor valve diganti bila rusak	Simulasi rutin motor valve (<i>life cycle</i> 4100 jam)
	Motor Valve tidak dapat membuka valve (<i>Fail to open</i>)	Fluida dari reactor tidak dapat masuk ke suction pompa. Pompa mengalami kavitasi	Tidak ada supply instrument air	Actuator valve diperbaiki jika rusak	Cek Rutin HV 029, memberikan lubrikasi rutin pada actuator/piston valve (<i>life cycle</i> 4100 jam)

Tabel FMEA HV 029 (Lanjutan)

Item/Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design Control	Recommended action
HV 029 Berfungsi mengatur laju aliran yang berasal dari reactor	Motor Valve tidak dapat menutup valve (<i>Fail to close</i>)	Fluida masuk ke suction pompa terlalu banyak. Pompa mengalami vibrasi yang tinggi	Actuator valve rusak akibat korosi	cek tubing instrument air	Cek rutin tubing instrument air (<i>life cycle</i> 4100 jam)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada tugas akhir ini adalah:

- a. Nilai *reliability* komponen instrumen *reactor feed pump* 12-P-101 dalam jangka waktu 1 tahun (8760 jam)
 - FT 030 = 0,13
 - FIC 030 = 0,40
 - FY 030 = 0,42
 - FV = 0,31
 - Interlock USD = 0,41
 - HV 029 = 0,43.

Semua komponen memiliki ketersediaan yang tinggi, yaitu sebesar 99,9%.

- b. Nilai *reliability* sistem *reactor feed pump* 12-P-101 mencapai 0,8 pada waktu operasi 800 jam. *Reactor feed pump* 12-P-101 memiliki ketersediaan tinggi yaitu sebesar 99,85%.
- c. Hasil analisa kuantitatif FTA diperoleh nilai probabilitas kegagalan dari BPCS pompa 12-P-101 pada waktu 1 tahun sebesar 0,20.
- d. Hasil analisa FMEA didapatkan penjabaran informasi potensi kegagalan fungsi, penyebab, efek dan rekomendasi yang dapat dilaksanakan untuk masing-masing komponen dari BPCS dan SIS *reactor feed pump* 12-P-101.
- e. Berdasarkan hasil analisa kuantitatif, rekomendasi *preventive maintenance* untuk menjaga nilai *reliability* 0,8 diberikan pada komponen:
 - FT 030 (*life cycle* 1850 jam)
 - FV 030 (*life cycle* 2200 jam)
 - FIC 030 (*life cycle* 2800 jam)
 - Interlock USD (*life cycle* 2200 jam),
 - HV 029 (*life cycle* 4100 jam).

Sedangkan rekomendasi *corrective maintenance* diberikan untuk komponen FY 030 (*life cycle* 2200 jam) dan Interlock USD (*life cycle* 4100 jam).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Dapat dikembangkan analisa kualitatif *reliability* dengan metode RCM tipe II yang sesuai dengan kondisi *reactor feed pump* 12-P-101.
- b. Mengembangkan analisa *reliability* jika terdapat data kerusakan yang baru, sehingga rekomendasi perawatan yang diberikan dapat berkembang sesuai dengan data *record* yang baru karena distribusi data berubah.
- c. Dapat dilakukan analisa HAZOP untuk mengetahui bahaya dan konsekuensi yang dapat terjadi pada *reactor feed pump* 12-P-101.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsip PT Pertamina Refinery RU VI, Balongan West Java.
- [2] Sulzer, Centrifugal Pump Handbook, 2010.
- [3] K. B, "Availability Assessment of Reverse Osmosis Plant," *Comparison Between Reliability Block Diagram and Fault Tree Analysis Method*, 2012.
- [4] A. Winandi, "Reliability Centered Maintenance Pada Pompa," Universitas Indonesia, 2013.
- [5] C. Ebeling, An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, Mc-Grow Hills Book.co, 1997.
- [6] C. Eduardo, Gas and Oil Reliability Engineering, 2012.
- [7] B. Dhillon, Engineering Maintenance: A Modern Approach, America: CRC Press LLC, 2002.
- [8] J. E. Stayley and P. Sutcliffe, "Reliability Block Diagram Analysis," vol. 13, pp. 33-47, 1974.
- [9] S. P. Panchangam and V. N. A. Naikan, "Failure Analysis Methods for Reliability Improvement of Electronic Sensors," vol. 1, no. 3, pp. 2277-3878, 2012.
- [10] Y. S. Dandan Hu, "Mud Pump System Fault Tree Analysis," 2014.

“Halaman ini memang dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Wahani Karunia Saputri lahir di kota Balikpapan pada tanggal 26 Mei 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Sapto Wahono dan Siti Muhajiroh. Pada tahun 2006, penulis telah menyelesaikan pendidikan dasar di SD Patra Dharma I Balikpapan. Kemudian pada tahun 2009 telah menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Balikpapan. Tahun 2012 telah menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Balikpapan. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2012 dengan program studi S1 Teknik Fisika. Pada bulan Juli 2016 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul ***ANALISIS RELIABILITY SISTEM POMPA PADA REACTOR FEED PUMP 12-P-101 DI PT PERTAMINA RU VI BALONGAN.*** Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir, maka dapat menghubungi penulis melalui email wahani.saputri26@gmail.com