

Evaluasi *Reliability* dan *Safety* pada Sistem Pengendalian *Level Syn Gas 2ND Interstage* Separator Di PT. Petrokimia Gresik

Dewi Nur Rahmawati, Ya'umar, dan M. Ilyas Hs

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: yaumar@ep.its.ac.id

Abstrak — Telah dilakukan evaluasi *reliability* dan *safety* pada sistem pengendalian *level* separator. Tujuan dilakukan tugas akhir ini yaitu untuk mengetahui evaluasi perhitungan *reliability* dan nilai SIL yang terpakai pada sistem pengendalian *level* separator. Metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif. *Synthesis gas compressor* adalah *plant* untuk menaikkan *pressure* dari 30 kg/cm² menjadi 180 kg/cm². *Plant* ini terdiri dari 4 tingkat yang didalamnya terdapat *cooler* dan separator. Separator merupakan tabung bertekanan yang digunakan untuk memisahkan gas dengan air. Didalam separator diharapkan tidak terdapat air karena air dapat menyebabkan vibrasi dikompressor. Dari hasil evaluasi didapatkan nilai *reliability* terendah dimiliki oleh komponen LV 1159 sebesar 0,58574 selama 8760 jam. Untuk tingkat *safety* komponen sistem pengendalian *level* separator berada pada SIL 1, namun pada komponen LV 1159 dilakukan penurunan nilai PFD dengan metode *redundant* yang semula nilai PFD-nya 0,05220 menjadi 0,00892 sehingga nilai SIL-nya menjadi SIL 2. Berdasarkan batas acuan nilai *reliability* untuk dilakukan *preventive maintenance* sebesar 0,8 maka untuk komponen LV 1159 memiliki waktu *preventive maintenance* 1900 jam atau 2,5 bulan, LT 1159 t = 13900 jam atau 19 bulan, dan LIC 1159 t = 17300 jam atau 2 tahun. Dengan biaya *preventive maintenance* keseluruhan komponen sebesar Rp. 516.120,00 pertahunnya.

Kata Kunci : Separator, *Reliability* dan *Safety*

I. PENDAHULUAN

Didalam pabrik amoniak terdapat *plant synthesis gas compressor*. *Synthesis gas compressor* adalah *plant* untuk menaikkan *pressure* dari 30 kg/cm² menjadi 180 kg/cm². *Plant* ini terdiri dari 4 tingkat yang didalamnya terdapat *cooler* dan separator. Separator itu sendiri merupakan tabung bertekanan yang digunakan untuk memisahkan gas CO₂, Ar, N₂, CH₄, CO, H₂, NH₃ dengan air kodensat. Berdasarkan hasil pemisahannya separator ini dinamakan separator dua fasa karena hanya memisahkan gas dan air. Untuk tingkat 1 separator mengatur *pressure* dari 30 kg/cm² menjadi 54 kg/cm². Untuk tingkat 2 separator mengatur *pressure* dari 54 kg/cm² menjadi 100 kg/cm². Untuk tingkat 3 separator mengatur *pressure* dari 100 kg/cm² menjadi 160 kg/cm² dan untuk tingkat 4 separator mengatur *pressure* dari 160 kg/cm² menjadi 180 kg/cm². Penulis tugas akhir melakukan evaluasi *reliability* dan *safety* pada sistem pengendalian *level* di separator (105 F2) yang berada pada tingkat 2. Proses awal dari *plant* ini yaitu gas dari separator tingkat 1 yang memiliki *temperature* 134°C didinginkan oleh *cooling water* (116C) sehingga *temperature* menjadi 32°C.

Kemudian didinginkan lagi oleh *amoniak chiller* (NH₃) sehingga suhu menjadi 2°C. Dari proses pendinginan tersebut terjadi peristiwa kondensibel. Dimana gas dan air kondensat tersebut dialirkan ke separator. Di separator antara gas dan air dipisahkan karena didalam separator diharapkan tidak terdapat kondensat atau air sama sekali. Karena jika terdapat air maka akan terjadi vibrasi yang sangat keras dikompressor. Maka dari itu *level* separator dijaga sangat ketat, dan *setpoint* dari *level* tersebut yaitu 5%. Gas dari separator tingkat 2 dialirkan ke separator tingkat 3 [5].

Synthesis gas compressor ini sudah beroperasi lama sejak tahun 1994 dan memiliki waktu beroperasi yang sangat panjang. Oleh karena itu perlu dilakukan tinjau ulang dari tiap-tiap komponen yang berpengaruh pada sistem pengendalian *level separator*. Untuk mengantisipasi kegagalan yang ditimbulkan dalam proses produksi maka diperlukan evaluasi *reliability* dan *safety* dari setiap komponen yang berada pada sistem pengendalian *level separator*. Dari hasil evaluasi dapat dilakukan rekomendasi berupa penjadwalan ulang *preventive maintenance* dari tiap-tiap komponen, menurunkan nilai PFD yang sudah terpasang karena dengan menurunkan nilai PFD dari *plant* tersebut mampu menjaga *safety* dari sistem pengendalian *level separator*, dan rincian beban biaya yang ditanggung perusahaan ketika melakukan *preventive maintenance*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Peninjauan Lapangan dan Pengambilan Data

Peninjauan lapangan dilakukan secara langsung untuk mengidentifikasi *plant* yang sering mengalami kegagalan selama proses awal *plant* berdiri. Kemudian dilakukan pengumpulan data perusahaan berupa P&ID, PFD dan spesifikasi komponen.

B. Analisa Data

Evaluasi *Reliability*

• Penentuan *Time to Failure*

Data yang digunakan adalah data *maintenance* PT. Petrokimia Gresik yang berupa data waktu terjadinya kegagalan dari tahun 2005 sampai 2012.

• Penentuan Distribusi *Time to Failure*

Didalam langkah ini dapat diketahui kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu. Dan dapat diketahui distribusi yang terpakai dalam tiap komponen. Untuk

menentukan distribusinya digunakan *Reliasoft Weibull ++ Version 6*.

• **Evaluasi Reliability R(t) Tiap-Tiap Komponen**

Dari hasil *reliasoft weibull* diketahui distribusi yang digunakan pada tiap-tiap komponen yaitu distribusi *weibull 2* dan *weibull 3* kemudian dilakukan perhitungan nilai *reliability* dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini [1]:

➤ Distribusi *weibull* dua parameter

Fungsi kehandalan distribusi *weibull* yaitu :

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

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2)$$

➤ Distribusi *weibull* tiga parameter

Fungsi kehandalan distribusi *weibull* yaitu :

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (3)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$MTTF = t_0 + \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4)$$

• **Penentuan Time to Repair**

Untuk mencari nilai TTR maka terlebih dahulu mengetahui berapa lama waktu perbaikan dari masing-masing komponen. Data tersebut didapatkan dari data *maintenance* dari PT. Petrokimia Gresik.

• **Penentuan Distribusi Time to Repair**

Setelah didapatkan data TTR kemudian data tersebut didistribusikan kedalam *Reliasoft Weibull++ Version 6* yang nantinya tiap komponen memiliki distribusi masing-masing. Dari hasil penentuan distribusi didapatkan distribusi perbaikan menggunakan *weibull 2* dan *weibull 3*.

Sedangkan untuk mencari nilai MTTR dari ditribusi perbaikan tersebut menggunakan persamaan dibawah ini :

➤ Distribusi *weibull* dua parameter

Rata-rata perbaikan dari distribusi *weibull* yaitu:

$$MTTR = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (5)$$

➤ Distribusi *weibull* tiga parameter

Rata-rata perbaikan dari distribusi *weibull* yaitu:

$$MTTR = t_0 + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (6)$$

• **Evaluasi Maintainability**

Dari data distribusi TTR dapat digunakan untuk menentukan nilai *maintainability* dari masing-masing komponen dengan memasukkan nilai kedalam persamaan (7) atau (8) sesuai dengan parameter distribusi yang telah didapatkan.

Maintainability distribusi *weibull* dua parameter yaitu :

$$M(t) = 1 - e \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (7)$$

Maintainability distribusi *weibull* tiga parameter yaitu :

$$M(t) = 1 - e \left[- \left(\frac{t-t_0}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (8)$$

• **Evaluasi Availability**

Setelah didapatkan hasil uji distribusi kemudian dicari nilai *availability* menggunakan persamaan dibawah ini untuk mengetahui ketersediaan suatu komponen^[2].

$$A(i) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (9)$$

• **Evaluasi Reliability dengan Preventive Maintenance Pada Tiap-Tiap Komponen Level Separator**

Evaluasi *preventive maintenance* disini diharapkan agar dapat menjaga nilai *reliability* dari tiap-tiap komponen pengendalian *level separator*. Evaluasi ini didapat dari komponen yang belum dilakukan *preventive maintenance* dengan komponen yang sudah dilakukan *preventive maintenance* dengan pedoman nilai kehandalan sebesar 0,80. Hasil nilai *reliability* dan waktu operasional tersebut kemudian dibuat visualisasi berupa grafik.

Evaluasi Safety

• **Penentuan Nilai λ (lamda) Masing-Masing Komponen**

Setelah mendapatkan parameter distribusinya kemudian menghitung nilai λ masing-masing komponen selama waktu operasi mulai dari 0 jam sampai 157680 jam. Dan cara perhitungannya dapat menggunakan persamaan 10 atau 11 sesuai distribusi laju kegagalan yang diperoleh pada masing-masing komponen^[1].

Laju kegagalan distribusi *weibull* dua parameter yaitu :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (10)$$

Laju kegagalan distribusi *weibull* tiga parameter yaitu :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-t_0}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (11)$$

• **Penentuan nilai PFD Dari Masing-Masing Komponen**

Setelah diketahui nilai laju kegagalan dari masing-masing komponen kemudian dilakukan perhitungan nilai PFD dari masing-masing komponen dengan menggunakan persamaan 12.

$$PFD_{Avg\ element} = \frac{\lambda\ element \times Ti\ element}{2} \quad (12)$$

Untuk mencari nilai dari *Risk Reduction Factor* (RRF) menggunakan persamaan (13)^[3]

$$RRF = \frac{1}{PFD} \quad (13)$$

Dari nilai PFD tersebut dapat diketahui *range nilai safety integrity level* (SIL) sesuai dengan standard IEC 61508 [2].

Evaluasi Manajemen Resiko

Prosedur yang dilakukan untuk mengetahui analisa manajemen resiko seperti yang dijabarkan dibawah ini :

• **Penentuan Kriteria Resiko**

Dalam penentuan kriteria resiko menggunakan data *maintenance* yang ada diperusahaan. Karena penentuan resiko merupakan faktor penting dalam penelitian resiko. Penentuan kriteria resiko dibagi menjadi dua yaitu penentuan konsekuensi resiko dan penentuan nilai *likelihood* resiko.

➤ Penentuan Konsekuensi Resiko

Penentuan nilai konsekuensi resiko dibagi menjadi dua yaitu berdasarkan kerugian waktu dan kerugian biaya perbaikan.

➤ Penentuan *Likelihood* Resiko

Perhitungan nilai *likelihood* resiko dilakukan dengan menggunakan perhitungan nilai MTTF dari tiap-tiap komponen dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Nilai Likelihood} = \frac{\text{Waktu Operasional}}{\text{MTTF}} \quad (14)$$

• Penentuan Resiko Tenaga Kerja

Setelah dicari nilai konsekuensi resiko dan nilai *likelihood* resiko kemudian dapat dicari nilai total konsekuensi yang harus ditanggung PT.Petrokimia Gresik. Cara perhitungannya seperti persamaan dibawah ini [4].

$$\text{RTK} = \text{Likelihood} \times \text{MTTR} \times \text{Total upah perjam} \quad (15)$$

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Evaluasi Kuantitatif

Data yang digunakan adalah data *maintenance* PT. Petrokimia Gresik yang berupa data waktu terjadinya kegagalan dari tahun 2005 sampai 2012. Data data *overhaul* dari tahun 1994 sampai 2012.

Tabel 1.
Nilai TTF dan TTR dari LV 1159

Planned Start	Planned Completion	TTF (Jam)	TTR (Jam)
05/01/1994	05/01/1994		
10/01/2005	13/01/2005	87912	4
18/03/2008	25/03/2008	27840	7
02/10/2008	04/10/2008	4584	2
20/02/2010	27/02/2010	12096	7
01/02/2011	01/02/2011	8136	2
08/06/2012	11/06/2012	11832	4
12/06/2012	12/06/2012	24	2

Berdasarkan data kegagalan LV 1159 maka dilakukan pengujian distribusi waktu kegagalan dan perbaikan. Didapatkan bahwa distribusi waktu kegagalan yang paling sesuai adalah distribusi *weibull* 3 dengan parameter $\beta = 0,7772$, $\eta = 22060$ dan $\gamma = -1101,92$. Sehingga didapatkan nilai MTTF = 57055,91. Distribusi perbaikan yang paling sesuai adalah *weibull* 3 dengan parameter $\beta = 2,8305$, $\eta = 7,319$ dan $\gamma = -2,43$. Sehingga didapatkan nilai MTTR = 6,39663.

Tabel 2.
Nilai TTF dan TTR dari LT 1159

Planned Start	Planned Completion	TTF (Jam)	TTR (Jam)
05/01/1994	05/01/1994		
05/01/2005	09/01/2005	96432	4
18/03/2008	25/03/2008	27936	4
20/02/2010	23/02/2010	16728	2

17/01/2012	18/01/2012	16632	0,5
------------	------------	-------	-----

Berdasarkan data kegagalan LT 1159 maka dilakukan pengujian distribusi waktu kegagalan dan perbaikan. Didapatkan bahwa distribusi waktu kegagalan yang paling sesuai adalah distribusi *weibull* 2 dengan parameter $\beta = 1,4306$ dan $\eta = 41092$. Sehingga didapatkan nilai MTTF = 63307,4. Distribusi perbaikan yang paling sesuai adalah *weibull* 3 dengan parameter $\beta = 3,1523$, $\eta = 6,7379$ dan $\gamma = -3,364$. Sehingga didapatkan nilai MTTR = 4,58832.

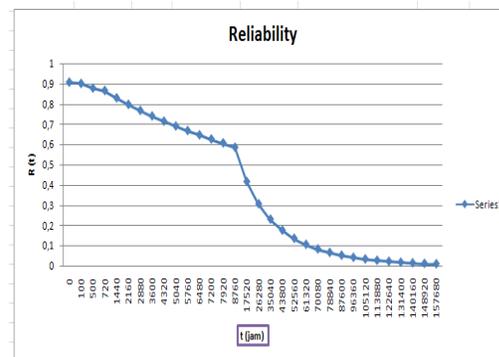
Tabel 3.
Nilai TTF dan TTR dari LIC 1159

Planned Start	Planned Completion	TTF (Jam)	TTR (Jam)
05/01/1994	05/01/1994		
03/02/2005	05/02/2005	88488	5
20/01/2010	23/01/2010	43440	5
18/03/2012	18/03/2012	18840	2

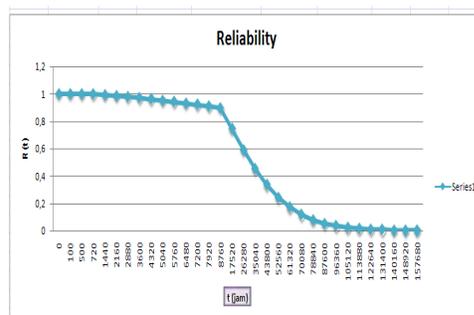
Berdasarkan data kegagalan LIC 1159 maka dilakukan pengujian distribusi waktu kegagalan dan perbaikan. Didapatkan bahwa distribusi waktu kegagalan yang paling sesuai adalah distribusi *weibull* 2 dengan parameter $\beta = 1,2460$ dan $\eta = 60219$. Sehingga didapatkan nilai MTTF = 101100,2. Distribusi perbaikan yang paling sesuai adalah *weibull* 2 dengan parameter $\beta = 2,0151$, dan $\eta = 4,6251$. Sehingga didapatkan nilai MTTR = 6,13106.

• Evaluasi Fungsi *Reliability* LV 1159

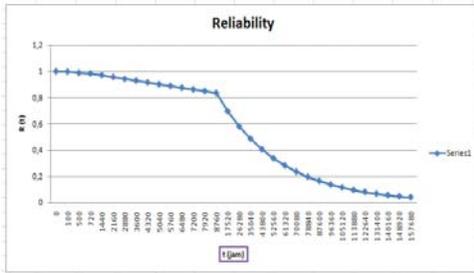
Dari tiap-tiap komponen dilakukan perhitungan nilai kehandalan. Dan hasil perhitungannya divisualisasikan kedalam gambar seperti yang terlihat dibawah ini :



Gambar. 1. Nilai R(t) LV 1159



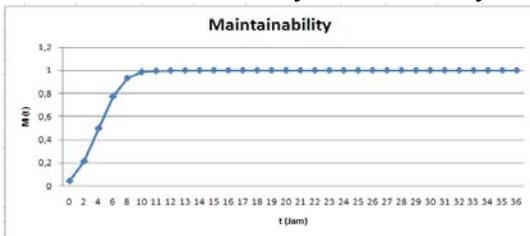
Gambar. 2. Nilai R(t) LT 1159



Gambar. 3. Nilai R(t) LIC 1159

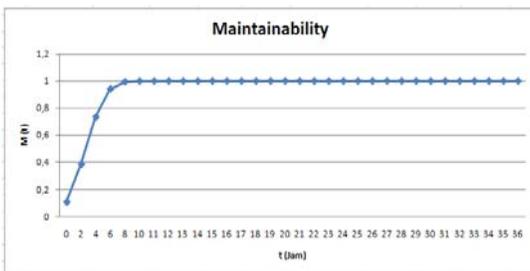
Dari gambar tersebut dapat dilihat ketika waktu 8760 jam nilai *reliability* ketiga komponen itu mengalami penurunan yang pesat. Ketika waktu 8760 jam komponen LV 1159 memiliki nilai *reliability* sebesar 0,58574, komponen LT 1159 sebesar 0,89622, komponen LIC 1159 sebesar 0,83422. Dari ketiga komponen tersebut dapat disimpulkan bahwa komponen LV 1159 yang memiliki nilai *reliability* terendah.

• Evaluasi *Maintainability* dan *Availability*



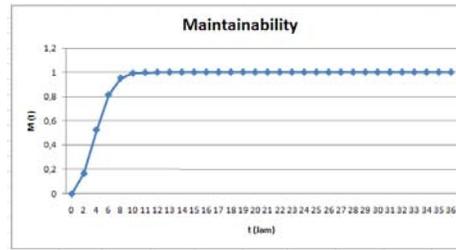
Gambar. 4. Hasil *maintainability* LV 1159

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada komponen LV 1159 mempunyai kemampuan melakukan perawatan sebesar 16 jam. Sedangkan *availability* (ketersediaan) komponen LV 1159 sebesar 0,99989.



Grafik. 5. Hasil *maintainability* LT 1159

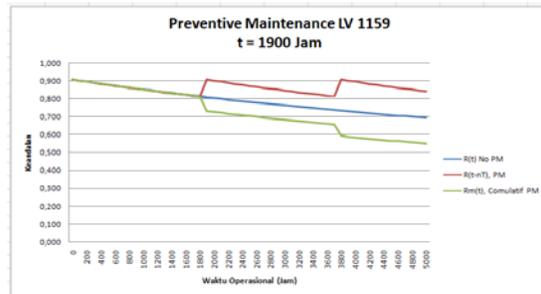
Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada komponen LT 1159 mempunyai kemampuan melakukan perawatan sebesar 12 jam. Sedangkan *availability* (ketersediaan) komponen LT 1159 sebesar 0,99993.



Gambar. 6. Hasil *maintainability* LIC 1159

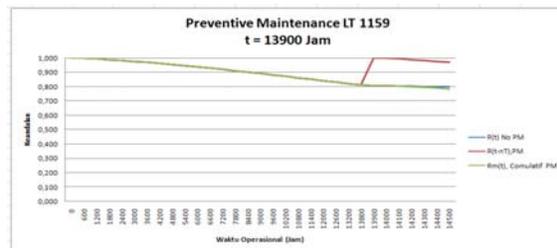
Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada komponen LIC 1159 mempunyai kemampuan melakukan perawatan sebesar 17 jam. Sedangkan *availability* (ketersediaan) komponen LIC 1159 sebesar 0,99994.

• Evaluasi *Preventive Maintenance*



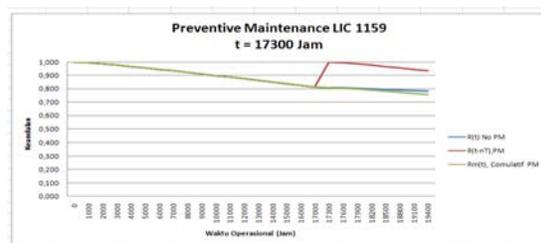
Gambar. 7. Hasil *Preventive Maintenance* dari LV 1159

Setelah dilakukan perhitungan nilai *reliability* dengan menggunakan *preventive maintenance* dapat diketahui untuk komponen LV 1159 memiliki waktu *preventive maintenance* 1900 jam sekali. Jadi komponen tersebut harus dilakukan *preventive maintenance* setiap 2,5 bulan.



Gambar.8. Hasil *Preventive Maintenance* dari LT 1159

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa komponen LT 1159 memiliki waktu *preventive maintenance* rutin setiap interval minimal 13900 jam atau 19 bulan.



Gambar. 9. Hasil *Preventive Maintenance* dari LIC 1159

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa komponen LIC 1159 memiliki waktu *preventive maintenance* rutin setiap interval minimal 17300 jam atau 2 tahun.

B. Evaluasi Safety

Didalam mencari nilai *safety* dari sistem pengendalian *level separator* terlebih dahulu dilakukan penentuan *Failure Rate* (λ), *Probability Failure on Demand* (PFD), dan *Safety Integrity Level* (SIL) pada komponen-komponen yang terdapat didalam *level separator*.

Tabel 4.

Hasil Perhitungan Evaluasi *Safety* pada saat $T_i = 8760$ jam dan $T_i = 157680$ jam

Instru ment	t (jam)	$\lambda(t)$	PFD	RRF	SIL
LV 1159	8760	0,0000422	0,18463	5,41624	SIL 1
	157680	0,0000227	1,78933	0,55887	SIL 1
LT 1159	8760	0,0000179	0,07838	12,75870	SIL 1
	157680	0,0000621	4,89763	0,204180	SIL 1
LIC 1159	8760	0,0000129	0,05640	17,72964	SIL 1
	157680	0,0000262	2,06714	0,483760	SIL 1

Dari tabel 4 dapat dilihat hasil perhitungan dari nilai *Failure Rate* (λ), *Failure on Demand* (PFD), dan *Risk Reduction Factor* (RRF) selama kurun waktu 8760 jam dan 148920 jam. Dari ketiga komponen LV 1159, LT 1159 dan LIC 1159 dapat dilihat tingkat keamanan SIL-nya berada pada SIL 1. Pada waktu 8760 jam nilai laju kegagalan yang tertinggi dimiliki oleh komponen LV 1159 sebesar 0,0000422 dan terendahnya dimiliki oleh komponen LIC sebesar 0,0000129. Untuk nilai PFD yang tertinggi dimiliki oleh LV 1159 dengan nilai 0,18463. Dari nilai PFD tersebut dapat diketahui bahwa komponen LV 1159 masih berada pada *range* nilai SIL 1. Sedangkan nilai PFD terendah dimiliki oleh LIC 1159 dengan nilai 0,05640, nilai PFD tersebut juga berada pada *range* nilai SIL 1. Untuk nilai *Risk Reduction Factor* (RRF) yang tertinggi dimiliki oleh komponen LIC 1159 dengan nilai 17,72964 sedangkan nilai *Risk Reduction Factor* (RRF) terendah dimiliki oleh komponen LV 1159 dengan nilai sebesar 5,41624. Dari perhitungan tersebut dapat dilihat jika semakin besar laju kegagalan suatu peralatan maka kemungkinan terjadinya gagal berfungsi akan semakin besar dan tingkat penurunan risikonya akan semakin kecil. Sehingga penanganan *preventive maintenance*-nya akan semakin rutin, karena penanganan *preventive maintenance* yang rutin dapat memperbesar tingkat penurunan risikonya. Maka dari itu untuk komponen LV 1159 dilakukan penurunan nilai PFD dengan cara *redundant* atau paralel komponen agar mengurangi nilai laju kegagalan dan menjaga keamanannya. Untuk komponen LT 1159 dan LIC 1159 tidak perlu dilakukan penurunan nilai PFD dengan cara *redundant* atau paralel komponen karena dilihat dari grafik *preventive maintenance* bahwa garis biru yang menunjukkan nilai kehandalan tanpa *preventive maintenance* dengan garis hijau yang menunjukkan *real plant* memiliki nilai yang mendekati, oleh sebab itu cukup dilakukan penjadwalan ulang *preventive maintenance*-nya tiap komponen tersebut.

- Penurunan PFD

Untuk menentukan PFD awal dari tiap-tiap komponen LV 1159, LT 1159 dan LIC 1159 maka menggunakan PFD *preventive maintenance* ketika LV 1159 berada pada waktu 1900 jam, untuk LT 1159 ketika berada pada wktu 13900 jam, dan untuk komponen LIC 1159 menggunakan nilai PFD ketika waktu 17300 jam.

Tabel 5.

PFD *Redundant* dari *level separator*

Instrument	PFD Awal	PFD <i>Redundant</i>
LV 1159	0,05220	0,00892
LT 1159	0,15172	-
LIC 1159	0,13169	-

C. Evaluasi Manajemen Resiko

- **Penentuan *likelihood* Resiko**

Dalam penentuan *likelihood* resiko waktu yang digunakan selama satu tahun. *Likelihood* sendiri bergantung dari frekuensi kerusakan dalam *plant* selama waktu operasional.

Tabel 6.

Nilai MTTF dan *Likelihood* Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian *Level Separator*

Nama Komponen	MTTF (Jam)	<i>Likelihood</i> (kali/18 tahun)
LV 1159	57055,91	2,76361
LT 1159	63307,4	2,49070
LIC 1159	101100,2	1,55964

- **Penentuan Konsekuensi Resiko**

➤ **Kerugian berdasarkan waktu**

Jika terjadi suatu kerusakan akan mengakibatkan kerugian waktu yang terbuang secara sia-sia. Untuk mencari kerugian waktu dapat dicari dengan menggunakan MTTR. MTTR dapat dicari dari nilai TTR kemudian didistribusikan *direliashoft weibull*.

Tabel 7.

Nilai MTTR dan *Likelihood* Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian *Level Separator*

Nama Komponen	MTTR (Jam)	<i>Likelihood</i> (kali/ tahun)
LV 1159	6,39663	0,15352
LT 1159	4,58832	0,13836
LIC 1159	6,13106	0,08664

➤ **Kerugian Berdasarkan Biaya Perbaikan**

Selain kerugian terhadap waktu juga harus memperhatikan kerugian terhadap biaya pergantian komponen. Biaya pergantian komponen merupakan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam pengadaan komponen sampai komponen dalam dipergunakan kembali. Dibawah ini merupakan harga masing-masing dari komponen yang terpasang.

Tabel 8.

Biaya Penggantian Pada Komponen Sistem Pengendalian *Level Separator*

Nama Komponen	Biaya Pergantian Komponen
LV 1159	Rp. 70.000.000,00
LT 1159	Rp. 17.000.000,00
LIC 1159	Rp. 783.000.000,00

Total	Rp. 870.000.000,00
--------------	--------------------

➤ **Biaya Tenaga Kerja**

Kerugian biaya tenaga kerja diperhitungkan berdasarkan banyaknya biaya tenaga kerja yang melakukan perbaikan dan upah yang diberikan untuk setiap tenaga kerja yang menangani perbaikan komponen pengendalian *level*.

Tabel 9.

Rincian Banyaknya Tenaga Kerja dan Upah yang Diterima setiap Tenaga Kerja

Nama Komponen	Jumlah Tenaga Kerja	Total Upah Per jam
LV 1159	3	Rp. 89.100,00
LT 1159	3	Rp. 96.600,00
LIC 1159	3	Rp. 96.600,00
Total		Rp. 282.300,00

Tabel 10.

Rincian Total Konsekuensi

Nama Komponen	Konsekuensi Resiko Per tahun
LV 1159	Rp. 87.497,15
LT 1159	Rp. 61.325,54
LIC 1159	Rp. 51.313,44
Total	Rp. 200.136,13

Tabel 11.

Biaya Untuk Melakukan *Redundant*

Instrument	Jumlah Komponen	Biaya Penambahan Komponen
LV 1159 B	1	Rp. 70.000.000,00
Gate Valve	5	Rp. 7.500.000,00
Globe Valve	1	Rp. 3.000.000,00
Total		Rp. 80.500.000,00

Tabel 12.

Biaya *Preventive Maintenance* Tiap Tahun

Instru ment	Jumlah Tenaga Kerja	Upah Tenaga Kerja Per Jam	Preventive Maintenance Per Tahun	Total
LV 1159	3	Rp. 29.700,00	4,6	Rp.409.860,00
LT 1159	3	Rp. 32.200,00	0,6	Rp. 57.960,00
LIC 1159	3	Rp. 32.200,00	0,5	Rp. 48.300,00
Total				Rp.516.120,00

Dari hasil perhitungan total konsekuensi didapatkan bahwa biaya yang harus dikeluarkan pabrik PT. Petrokimia Gresik ketika komponen sistem pengendalian *level separator* mengalami kegagalan yaitu sebesar Rp. 200.136,13. Ketika melakukan penurunan nilai PFD dengan me-*redundant* atau paralel komponen LV 1159 maka biaya yang harus dikeluarkan PT. Petrokimia Gresik yaitu sebesar Rp. 80.500.000,00 seperti yang terlihat pada tabel 11 dengan komponen utama LV 1159 sedangkan *gate valve* dan *globe valve* merupakan *manual valve* yang difungsikan ketika ada proses *maintenance* pada *level valve*. Untuk biaya *preventive maintenance* total dari komponen LV 1159, LT 1159, dan LIC 1159 setiap tahun adalah Rp. 516.120,00. Perhitungannya dapat dilihat ditabel 12.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data yang telah dilakukan pada tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil evaluasi selama 8760 jam didapatkan nilai *reliability* untuk komponen LV 1159 sebesar 0,58574, komponen LT 1159 sebesar 0,89622, dan komponen LIC 1159 sebesar 0,83422. Dari ketiga komponen tersebut dapat dilihat bahwa komponen LV 1159 yang memiliki nilai *reliability* terendah.
- Nilai SIL komponen LV 1159, LT 1159 dan LIC 1159 berada pada SIL 1, kemudian untuk komponen LV 1159 dilakukan penurunan nilai PFD dengan metode *redundant* yang semula nilai PFD-nya 0,05220 kemudian diturunkan menjadi 0,00892 sehingga nilai SIL-nya naik menjadi SIL 2. Untuk komponen LT 1159 dan LIC 1159 tidak dilakukan *redundant* karena pada grafik *preventive maintenance* garis biru dan garis hijau posisinya hampir sejajar itu berarti menunjukkan *real plant*-nya masih berada dalam kondisi cukup baik namun butuh rutinitas *preventive maintenance*.
- Berdasarkan batas acuan nilai *reliability* untuk dilakukan *preventive maintenance* sebesar 0,8 maka untuk komponen LV 1159 memiliki waktu minimal *preventive maintenance* 1900 jam atau 2,5 bulan, untuk komponen LT 1159 memiliki waktu minimal 13900 jam atau 19 bulan, dan untuk komponen LIC 1159 memiliki waktu minimal 17300 jam atau 2 tahun.
- Beban biaya *preventive maintenance* yang harus ditanggung PT. Petrokimia Gresik secara keseluruhan untuk *loop* sistem pengendalian *level separator* setiap tahunnya adalah sebesar Rp. 516.120,00.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The McGraw-Hill Companies : Singapore

[2] Globe, William M. 1998. *Control System Safety Evaluation & Reliability*. The United States of Amerika : Amerika

[3] Gulland, W. G. 2004. *Methods of Determining Safety Integrity Level (SIL) Requirements - Pros and Cons*. Proceedings of the Safety-Critical Systems Symposium : London

[4] Wisandiko, Anugrah Okta. 2011. *Analisa Kehandalan, Keamanan, dan Manajemen Resiko Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Blok 2.2 Di PLTGU PT. PJB UP Gresik Dengan Menggunakan Pendekatan Kuantitatif*, Surabaya : Teknik Fisika FTI – ITS

[5] Anonim. 1992. *Piping & Instrumentation Flow Diagram Synthesis Gas Compression 2ND Stage Unit Amoniak*. PT. Petrokimia Gresik.