

ANALISA PERFORMANSI SAFETY INSTRUMENT SYSTEM (SIS) PADA HRSG PLTGU DI PT. PJB UP GRESIK

Anindita Adikaputri Vinaya¹

¹Departemen Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia

E-mail: anindita.vinaya@uisi.ac.id¹

Abstrak

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) merupakan komponen penting dalam pembangkit energi listrik. Jika HRSG gagal maka PLTGU dapat mengalami kondisi trip atau kondisi mesin mati secara tiba-tiba dan dapat berpengaruh pada pasokan listrik di PLTGU. *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) tersebut bekerja pada temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga membutuhkan tingkat *safety* yang tinggi untuk menjaga dari kondisi bahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa performansi *Safety Instrumented system* (SIS) atau sistem proteksi pada HRSG, karena SIS berperan untuk memonitor dan melakukan aksi jika terjadi kondisi berbahaya. Untuk mempresentasikan SIS HRSG secara kuantitatif digunakan nilai *Safety Integrity Level* (SIL) atau level tingkat keamanan. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini digunakan untuk menentukan nilai SIL berdasarkan konstruksi FTA yang sudah ditentukan. Pengambilan data yang digunakan adalah diagram P&ID dan data maintenance tiap komponen yang ada pada HRSG. Kebutuhan performansi *Safety Instrumented system* HRSG berdasarkan metode risk graph dan standard IEC 61508 yaitu kategori SIL 2 sedangkan *Safety Instrumented system* kuantitatif dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), diperoleh nilai SIL yang tidak termasuk dalam kategori standard IEC 61508 dengan nilai PFD 12,6977, dimana nilai PFD menunjukkan probabilitas terjadinya kegagalan. Berdasarkan diagram FTA HRSG sistem pada *exhaust damper* menunjang paling besar terhadap munculnya kegagalan pada HRSG, dengan nilai PFD sebesar 1,6089. Sedangkan, untuk komponen yang menunjang paling besar yaitu *Limit Switch* (LS) pada *exhaust damper* dengan PFD sebesar 0,7008.

Kata Kunci: *Safety Instrumented system*, *Fault Tree Analysis*, HRSG

Abstract

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is an important component in power generation. If HRSG fails then PLTGU can experience the condition of trip or machine condition to die suddenly and can affect the power supply in PLTGU. The Heat Recovery Steam Generator (HRSG) works at high temperatures and pressures requiring a high level of safety to guard against hazards. Therefore it is necessary to perform Safety Instrumented system (SIS) performance analysis or protection system on HRSG, because SIS role to monitor and perform action in case of dangerous condition. To present SIS HRSG quantitatively used Safety Integrity Level (SIL) or level of security level. The method used is Fault Tree Analysis (FTA). This method is used to determine the value of SIL based on a predetermined FTA construction. Data retrieval used is P & ID diagram and maintenance data of each component in HRSG. The performance requirement of HRSG Safety Instrumented system based on risk graph method and IEC 61508 standard is SIL 2 category while Quantitative Safety Instrumented system with Fault Tree Analysis (FTA) method, obtained SIL value not included in IEC 61508 standard category with PFD value 12.6977, Where the PFD value indicates the probability of failure. Based on the HRSG FTA diagram the system on the exhaust damper supports the most on the occurrence of failure on HRSG, with a PFD value of 1.6089. Meanwhile, for the largest supporting components of the Limit Switch (LS) on the exhaust damper with PFD of 0.7008.

Keywords : *Safety Instrumented system*, *Fault Tree Analysis*, HRSG

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) pada PT. PJB UP Gresik memiliki beberapa komponen utama yaitu gas turbin generator, HRSG, dan steam turbin generator [1]-[2]. Dalam menghasilkan listrik, unit PLTGU dipengaruhi oleh kinerja dari semua komponen-komponen yang terlibat di dalam unit PLTGU tersebut, salah satunya dipengaruhi oleh kinerja dari HRSG. Mesin *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) yang

terdapat di PT. PJB UP Gresik merupakan salah satu mesin utama dalam proses pembangkitan listrik di PLTGU [1]. Dalam proses produksinya HRSG memiliki peran penting dengan memanfaatkan gas buang dari PLTG untuk memproduksi uap yang digunakan sebagai fluida kerja di PLTU. Pada umumnya HRSG terdiri dari beberapa seksi-seksi yaitu pemanas awal kondensat (kondensat preheater), ekonomiser, evaporator dan superheater [2].

HRSG tersebut bekerja pada temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga dibutuhkan tingkat *safety* yang tinggi untuk menjaga dari kondisi berbahaya. Oleh karena itu, *Safety Instrumented system* (SIS) yang baik sangat dibutuhkan untuk memonitor kondisi bahaya dan melakukan aksi jika terjadi kondisi berbahaya. Selain itu SIS pada PT PJB UP Gresik memiliki fungsi yang penting untuk menjaga sistem HRSG agar tidak mengalami trip. Penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Zafrullah Ismail terkait analisa keandalan pada HRSG di PT PJB UP Gresik dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA), dari penelitian tersebut didapatkan nilai keandalan tiap komponen dari terendah hingga tertinggi dan nilai *criticality* komponen yang nantinya menjadi nilai prioritas paling tinggi dalam melakukan perawatan [1].

Selain dari keandalan juga diperlukan analisa dari SIS pada HRSG, namun hal ini belum pernah dilakukan. Berdasarkan alasan tersebut, maka dilakukan analisis terkait performansi *Safety Instrumented system* pada HRSG PLTGU di PT. PJB UP Gresik. Salah satu penilaian performansi secara kuantitatif dari SIS adalah *Safety Integrity Level* (SIL). Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menentukan nilai SIL dari semua komponen yang mengalami kegagalan yaitu metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang mengacu pada standar ISA-TR84.00.02-2002 Part 3 [5]. FTA merupakan teknik analisa sistem secara keseluruhan dan komponen dari sistem yang menyebabkan terjadinya kegagalan dan juga untuk menentukan kemungkinan-kemungkinan dari kejadian kegagalan yang belum diketahui. Selain itu, FTA dapat mempresentasikan seberapa handal suatu sistem proteksi sehingga dapat dihitung nilai SIL dari diagram tersebut. [6].

Sebelumnya, metode FTA diterapkan oleh Ayrton Humardhani untuk melakukan analisa *Safety Instrumented system* yang dilakukan pada turbin uap di PT PJB UP Gresik dan dikombinasi dengan metode FMEA untuk menentukan bagian komponen yang memiliki

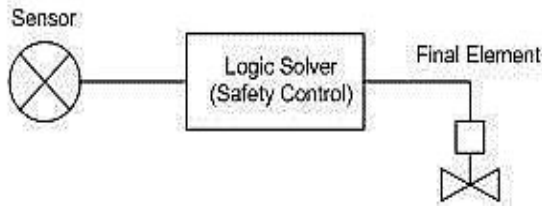
kemungkinan terjadi masalah. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut yaitu nilai SIL dan PFD dari *loop emergency pressure bearing* turbin dan *loop vacuum trip*, sedangkan hasil dari perhitungan PFD turbin dari masing-masing komponen yang digunakan untuk *Safety Instrumented system* dari logika FTA didapatkan nilai PFD 0,0938 dengan nilai SIL 1[6].

Penelitian sebelumnya masih belum memperhatikan tingkat SIL yang dibutuhkan di tiap unit. Namun, penelitian tersebut membuktikan bahwa metode FTA efektif dalam mengidentifikasi kegagalan komponen yang dapat menyebabkan kegagalan serta efektif dalam menentukan nilai PFD dan nilai SIL [11]. Selain itu, FTA dapat mempresentasikan seberapa handal suatu sistem proteksi sehingga dapat dihitung nilai SIL dari diagram tersebut [6]. Berdasarkan hal tersebut, untuk mengidentifikasi kegagalan komponen dan menentukan nilai PFD dan SIL pada HRSG, maka akan dilakukan analisa performansi *Safety Instrumented system* pada HRSG PLTGU di PT PJB UP Gresik dengan menggunakan metode FTA.

2. METODE

A. *Safety Instrumented system*

Safety Instrumented system (SIS) merupakan keamanan instrumentasi yang didesain untuk memonitor kondisi bahaya dalam suatu sistem dan melakukan aksi apabila terjadi kondisi berbahaya. SIS tidak terkait dengan sistem kontrol, namun terdiri dari unsur yang sama yaitu *sensor*, *logic solver*, dan *final element* serta sistem pendukung lainnya [3]. SIS didesain sesuai dengan level dan resiko dari sistemnya. Dengan kata lain semakin tinggi tingkat keamanan sistem terhadap resiko, maka semakin baik pula SIS yang dibutuhkan. Berikut merupakan unsur dari SIS [9] :



Gambar 1. Safety Instrumented system

B. Safety Integrity Level (SIL)

Safety Integrity Level (SIL) merupakan level keamanan sistem dari suatu SIS. SIL dapat menunjukkan bahwa sebuah sistem mampu mengurangi resiko yang terjadi. Nilai SIL menunjukkan performansi secara kuantitatif dari SIS yang digunakan. Semakin tinggi SIL maka akan semakin kecil kemungkinan terjadi bahaya, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan standar International Electrotechnical Commission (IEC) 61508 terdapat 4 (empat) tingkatan SIL. Tingkatan SIL dijelaskan dalam Tabel 1. sebagai berikut [4]:

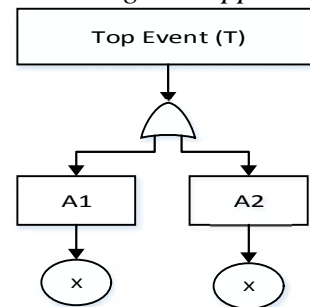
Tabel 1 Safety Integrity Level (SIL)

SIL	Average Probability of Failure on Demand (PFDavg)	Risk Reduction Factor (RRF)
SIL 4	10^{-5} PFD < 10^{-4}	100.000 RRF > 10.000
SIL 3	10^{-4} PFD < 10^{-3}	10.000 RRF > 1.000
SIL 2	10^{-3} PFD < 10^{-2}	1.000 RRF > 100
SIL 1	10^{-2} PFD < 10^{-1}	100 RRF > 10

C. Fault Tree Analysis

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa komponen dari sistem yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Dengan metode ini dapat diketahui kegagalan dan probabilitas yang menjadi penyebab terjadinya sesuatu yang tidak diinginkan (*undersired event*). Analisa kuantitatif dilakukan untuk mengetahui berapa

probabilitas terjadinya *undersired event* [5]-[10]. Salah satu metodenya adalah metode dengan menggunakan pendekatan aljabar boolean (*boolean algebra approach*) [10].

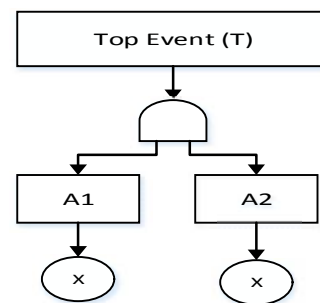


Gambar 2 Diagram FTA untuk Gerbang OR

Gerbang OR dinotasikan dengan persamaan berikut :

$$T = A1 \cup A2$$

$$= A1 + A2$$



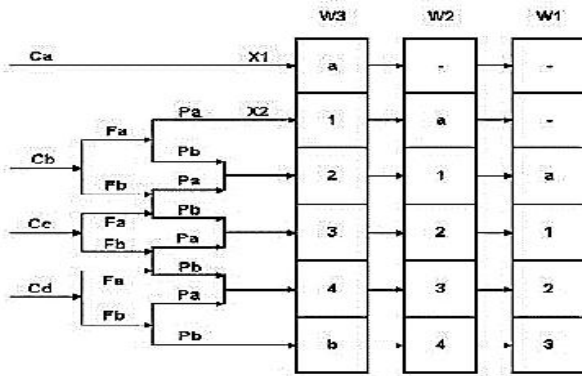
Gambar 3 Diagram FTA untuk Gerbang AND

Gerbang AND dinotasikan dengan persamaan berikut :

$$T = A1 \cap A2$$

$$= A1 \times A2$$

Sebelum tahap pengolahan data tata yang diperlukan berupa data sekunder. Data tersebut meliputi detail komponen HRSG, *Process Flow Diagram* (PFD), *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID), *maintenance* data, dan komponen-komponen yang mempengaruhi *top event*. Data primer berupa kuisisioner diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pada HRSG berdasarkan Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4 Risk Graph

Berdasarkan Gambar 4. terdapat 4 parameter dimana parameter *Consequence* (C), *Frequency* (F), *Probability* untuk menghindari kejadian (P), *Probability* untuk kejadian yang tidak diinginkan (W). Berdasarkan hasil kuisisioner, kebutuhan SIL HRSG akan diketahui. Selanjutnya berikut adalah beberapa hal yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

- Perhitungan nilai *Time to Failure* (TTF)
Untuk menentukan nilai TTF digunakan data *maintenance* dan diskripsi kerusakan komponen. Setelah ditentukan nilai TTF dilakukan penentuan parameter distribusi dengan menggunakan *software* statistik.
- Perhitungan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF)
Setelah mendapatkan nilai TTF, maka dapat dihitung nilai MTTF dengan menggunakan persamaan sesuai dengan distribusi masing-masing
- Perhitungan nilai *failure rate* ()
Untuk menghitung laju kegagalan atau *failure rate* digunakan persamaan berikut [6]:

$$(t) = \frac{1}{MTTF} \tag{1}$$
- Menghitung *Reliability*
Setelah mendapatkan nilai TTF, MTTF, dan *failure rate* maka dihitung nilai *reliability*. Nantinya hasil *reliability* digunakan untuk menentukan nilai SIL untuk unit HRSG pada konstruksi FTA.

- Konstruksi FTA
Selanjutnya membuat diagram FTA dari masing-masing sistem proteksi yang berpengaruh terhadap *top event*. Sehingga dengan FTA dapat diketahui bahwa sistem gagal dikarenakan oleh suatu kejadian.
- Menghitung nilai PFD
Dari konstruksi FTA dan perhitungan *failure rate*, maka dapat dihitung PFD dengan persamaan yang disesuaikan dengan arsitektur SIS. Dari PFD semua komponen dijumlahkan untuk mendapatkan nilai PFDavg sistem dengan persamaan berikut [5]:

$$PFD_{avg\ SIF} = PFD_{avg\ sensors} + PFD_{avg\ controller} + PFD_{avg\ actuator} \tag{2}$$
- Menghitung RRF
Dengan menghitung nilai RRF dapat diketahui seberapa besar pengurangan terhadap resiko.
- Menentukan SIL
Dalam menentukan SIL secara kuantitatif, digunakan nilai PFDavg yang dikonversi untuk mendapat nilai SIL. Sehingga, nantinya didapatkan nilai SIL dari tiap komponen pada konstruksi FTA. Sedangkan untuk menentukan nilai SIL pada unit HRSG digunakan persamaan aljabar boolean.

Dari hasil pengolahan data, dapat diketahui bagaimana performansi SIS HRSG yang dipresentasikan dengan nilai SIL, yang mana nilai SIL didapatkan berdasarkan pada konstruksi FTA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Proteksi HRSG

Pengumpulan data diawali dengan memperoleh *maintenance* data pada tahun 2011 hingga 2016. Selain data *maintenance*, diperoleh *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID), serta *general proces desription*. Dari P&ID dan hasil wawancara didapatkan sistem proteksi HRSG dengan

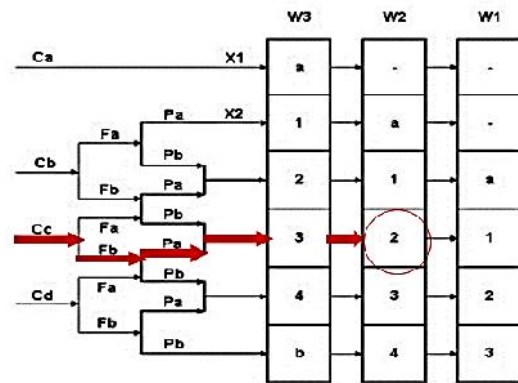
komponen penyusunnya. Diperoleh sistem proteksi HRSG seperti pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2 Sistem Proteksi pada HRSG

Sistem Proteksi	Sensor	Controlle r	Actuator
<i>Echaust damper</i>	LS	PLC 1	SV
<i>High pressure Drum/ HP Drum (1HAD20)</i>	LX-CL03 QB	PLC 2	MSV- AA01
	LX-CL04 QB		MSV- AA02
	LX-CL05 QB		
<i>Low pressure Drum /LP Drum (1HAD10)</i>	LX-CL03 QB		MSV- AA01
	LX-CL04 QB		MSV- AA02
	LX-CL05 QB		
<i>High pressure Boiler Cicalution Pump /HP BCP (1HAG20)</i>	DPX-CHO1 QB		Pump- APOO1 KP
	DPX-CH02 QB		Pump- APOO2 KP
	DPX-CHO3 QB		
<i>Low pressure Boiler Cicalution Pump/LP BCP (1HAG10)</i>	DPX-CHO1 QB		Pump- APOO1 KP
	DPX-CH02 QB		Pump- APOO2 KP
	DPX-CHO3 QB		

B. Identifikasi *Safety Instrumented system (SIS) HRSG*

Berdasarkan hasil dari koresponden didapatkan nilai tertinggi pada parameter Cc, Fb, Pa, dan W2, sehingga dapat diplot pada tabel *risk graph* untuk mendapat nilai SIL seperti pada Gambar 6. berikut ini :



Gambar 6 Hasil Identifikasi *Safety Instrumented system (SIS) HRSG*

Gambar 6 menunjukkan hasil identifikasi SIS HRSG berdasarkan metode *risk graph*, dan didapatkan hasil target SIS HRSG yaitu SIL 2.

C. Perhitungan *Reliability*

Setelah mengidentifikasi dilakukan pengolahan data, dan didapatkan nilai *reliability*. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *reliability* seperti pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3 Hasil Perhitungan *Reliability*

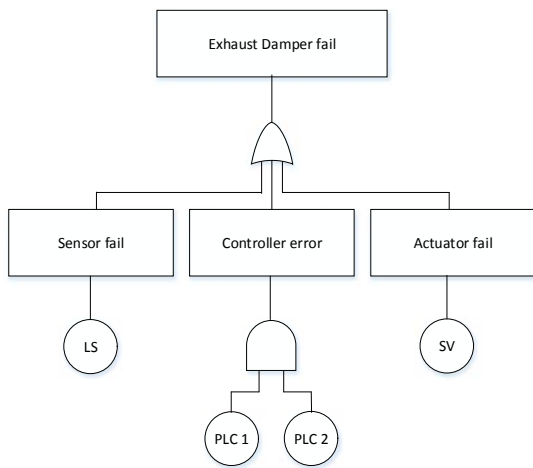
Komponen	<i>Reliability R(t)</i>
<i>Echaust damper</i>	
LS	0,2578
SV	0,2358
<i>HP Drum</i>	
LX	0,7963
MSV	0,8934
<i>LP Drum</i>	
LX	0,7963
MSV	0,8934
<i>HP BCP</i>	
DPX	0,3669
Pump	0,5714
<i>LP BCP</i>	
DPX	0,4052
Pump	0,4164
<i>Controller</i>	
PLC	0,3192

Berdasarkan Tabel 3. Merupakan hasil pengolahan data *maintenance* yang nantinya digunakan untuk analisa kuantitatif SIS HRSG dengan metode fault tree analysis.

D. Analisa Kualitatif dan Kuantitatif dengan FTA

Dari data yang dikumpulkan dilakukan analisa kualitatif dan kuantitatif dengan metode *fault tree analysis*. Berikut merupakan hasil analisa kualitatif dan kuantitatif *Fault Tree Analysis* :

- Sistem *Exhaust damper*



Gambar 6. Diagram FTA *Exhaust damper*

Gambar 6. merupakan diagram FTA *exhaust damper* dengan komponennya. Komponennya terdiri dari *limit switch* yang berfungsi sebagai sensor untuk memantau kondisi pintu *exhaust damper* membuka atau menutup. Sedangkan untuk menggerakkan pintu *exhaust damper* terdapat *solenoid valve* yang berfungsi untuk membuka atau menutup pintu *exhaust damper*. Dalam kondisi normal *exhaust damper* membuka 100%, namun jika tiba-tiba menutup sendiri penyebabnya karena *solenoid valve* mengalami *fail* yaitu *coil solenoid* putus. Hal ini mengakibatkan aliran minyak hidrolik terganggu karena komponen *exhaust damper* digerakkan oleh minyak hidrolik, sehingga apabila *coil* putus akan terjadi kehilangan tekanan dan *exhaust damper* menutup dan HRSG akan mengalami trip.

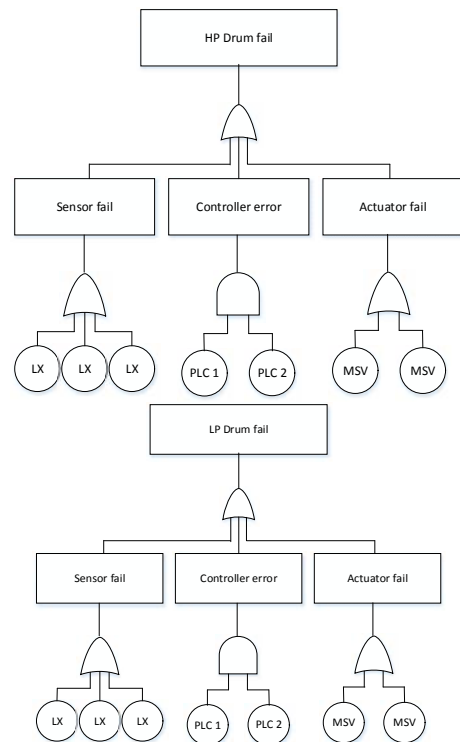
Dari diagram FTA pada Gambar 6. dilakukan analisa kuantitatif untuk perhitungan analisa *Safety Integrity Level (SIL)* pada Loop *Safety Instrumented system Exhaust damper*.

Tabel 4 *Safety Integrity Level Exhaust damper*

Arsitektur	Instrumen	Failure rate (/jam)	Failure rate (/thn)	PFD
1oo1	LS	0,00016	14,016	0,7008
1oo2	PLC	0,0001385	12,133	0,4907
1oo1	SV	0,0000953	0,8348	0,4174
PFDtotal				16,089
RRF				0,6216
SIL Exhaust damper				no standard

Pada Tabel 4. didapatkan bahwa sistem pada *exhaust damper* tidak termasuk dalam standard IEC 61508 dengan nilai PFD sebesar 1,6089.

- Sistem HP Drum dan LP Drum



Gambar 7 Diagram FTA HP Drum dan LP Drum

Gambar 7. merupakan komponen dari *High Pressure Drum (HP Drum)* dan dari *Low Pressure Drum LP Drum*, dimana LX yang

berfungsi sebagai sensor untuk memantau level drum pada saat beroperasi, kondisi normal level *drum* berada pada -100 milimeter. Sehingga jika komponen LX mengalami *fail* maka kondisi level yang menurun di bawah standar tidak dapat segera diatasi, hal ini menyebabkan level drum terus turun hingga mencapai level *protection* sebesar -700 milimeter, dampaknya HRSG akan mengalami trip. Selain LX terdapat pula *Mechanical Safety Valve* (MSV) yang terpasang pada HP *Drum* dan LP *Drum*, sistem kerjanya sebagai proteksi *pressure* yang ada pada HP dan LP *Drum*. Ketika *drum* mengalami *pressure* yang melebihi standar maka MSV akan bergerak dan membuka *valve*, sehingga *pressure* yang ada didalam HP dan LP *Drum* keluar. Apabila komponen MSV mengalami *fail*, *pressure* pada HP dan LP *drum* tidak akan dapat keluar, akibatnya HRSG akan mengalami *trip*.

Dari diagram FTA pada Gambar 6. dilakukan analisa kuantitatif untuk perhitungan analisa *Safety Integrity Level* (SIL) pada *Loop Safety Instrumented system* HP *Drum* dan LP *Drum*.

Tabel 5 *Safety Integrity Level* HP *Drum*

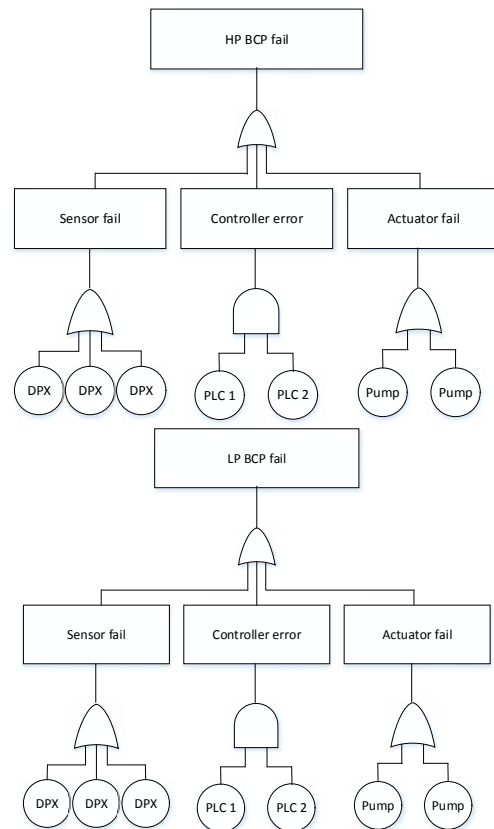
Arsite ktur	Instru ment	Failure rate (/jam)	Failure rate (/thn)	PFD
1003	LX	0,000026	0,22776	0,00295
1002	PLC	0,0001385	12,133	0,4907
1002	MSV	0,000013	0,1139	0,0043
PFDtotal				0,4979
RRF				20,083
<i>SIL Low Pressure Drum</i>				no standard

Tabel 6 *Safety Integrity Level* LP *Drum*

Arsite ktur	Instru ment	Failure rate (/jam)	Failure rate (/thn)	PFD
1003	LX	0,000026	0,22776	0,00295
1002	PLC	0,0001385	12,133	0,49067
1002	MSV	0,0000449	0,3933	0,05157
PFDavg				0,5452
RRF				18,342
<i>SIL High pressure Drum</i>				no standard

Pada Tabel 5. Dan Tabel 6. didapatkan bahwa sistem pada HP *Drum* tidak termasuk dalam standard IEC 61508 dengan nilai PFD sebesar 0,5452 dan sistem pada LP *Drum* juga tidak termasuk dalam IEC 61508 dengan nilai PFD 0,4979.

- Sistem HP BCP dan LP BCP



Gambar 8 Diagram FTA HP dan LP BCP

Gambar 8 merupakan komponen dari sistem *High Pressure-Boiler Circulating Pump* (HP BCP) dan *Low Pressure-Boiler Circulating Pump* (LP BCP) yaitu DPX yang berfungsi sebagai sensor untuk memantau *flow* pada *Boiler Circulation Pump* (BCP). DPX akan memberikan sinyal pada DDC apabila terjadi penurunan *flow* sebelum melebihi batas minimal, karena penurunan *flow* yang melebihi standar dapat mengakibatkan HRSG trip. Pada LP BCP batasan minimum *flow low* adalah 50 ton/jam dan untuk HP BCP adalah 150 ton/jam, apabila DPX *fail* dan *flow* melebihi batas minimum akan terjadi proteksi dengan cara menutup *exhaust damper* sehingga HRSG

akan mengalami trip. Selain DPX terdapat juga pompa pada HP dan LP BCP yang berfungsi untuk memompa air dari drum melalui evaporator. Apabila pompa mengalami kebocoran dapat mengakibatkan unit tidak dapat beroperasi atau HRSG akan mengalami trip.

Dari diagram FTA pada Gambar 7. dilakukan analisa kuantitatif untuk perhitungan analisa *Safety Integrity Level* (SIL) pada Loop *Safety Instrumented system* HP BCP dan LP BCP.

Tabel 7 *Safety Integrity Level* HP BCP

Arsite ktur	Instru ment	Failure rate (/jam)	Failure rate (/thn)	PFD
1003	DPX	0,0001185	103,806	0,2796
1002	PLC	0,0001385	12,133	0,4907
1002	PUMP	0,0001058	0,9268	0,2863
PFDtotal				10,566
RRF				0,9464
SIL High Pressure BCP				no standard

Tabel 8 *Safety Integrity Level* LP BCP

Arsite ktur	Instru ment	Failure rate (/jam)	Failure rate (/thn)	PFD
1003	DPX	0,0000863	0,755988	0,1080
1002	PLC	0,0001385	12,133	0,4907
1002	PUMP	0,0001	0,8760	0,2558
PFDtotal				0,8545
RRF				11,703
SIL Low Pressure BCP				no standard

Pada Tabel 7. dan Tabel 8. didapatkan bahwa sistem pada HP BCP tidak termasuk dalam standard IEC 61508 dengan nilai PFD sebesar 1,0566 dan sistem pada LP BCP juga tidak termasuk dalam IEC 61508 dengan nilai PFD 0.8545

Berdasarkan hasil perhitungan nilai SIL tidak termasuk ke dalam kategori Standard IEC 61508 atau SIL 0. Dapat disimpulkan performansi SIS pada HRSG masih jauh dari target atau belum mencapai kebutuhan yaitu SIL 2. Dari hasil pengolahan data setiap sistem

dan dilihat dari diagram FTA HRSG pada Gambar 9 diketahui bahwa sistem pada *exhaust damper* menunjang paling besar terhadap kegagalan HRSG, dimana memiliki nilai PFD tertinggi yaitu 1,6089. Pada tingkat kedua terdapat HP BCP dengan PFD sebesar 1,0566, ketiga LP BCP dengan PFD sebesar 0,8545, keempat HP *drum* dengan PFD sebesar 0,5452, dan terakhir LP *drum* dengan PFD sebesar 0,4979.

Selain itu, untuk komponen yang menunjang paling besar terhadap kegagalan pada HRSG dapat dilihat dari nilai PFD tertinggi yang sudah dihitung sebelumnya, dimana komponen yang memiliki nilai PFD tertinggi yaitu *Limit Switch* (LS) pada *exhaust damper* dengan PFD sebesar 0,7008.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kebutuhan performansi *Safety Instrument System* HRSG berdasarkan metode risk graph dan standard IEC 61508 yaitu kategori SIL 2 dan hasil analisa *Safety Instrument System* kuantitatif dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), diperoleh nilai SIL yang tidak termasuk dalam kategori standard IEC 61508 dengan nilai PFD 12,6977. Berdasarkan diagram FTA HRSG diketahui bahwa sistem pada *exhaust damper* menunjang paling besar terhadap munculnya kegagalan pada HRSG, dengan nilai PFD sebesar 1,6089 dan komponen yang menunjang paling besar yaitu *Limit Switch* (LS) pada *exhaust damper* dengan PFD sebesar 0,7008. Sehingga dapat disimpulkan bahwa performansi SIS HRSG masih belum mencapai target atau kebutuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

. Terima kasih disampaikan kepada Tim *Jurnal Inovtek Polbeng* yang telah bersedia menerima jurnal ini untuk diterbitkan. Khusus untuk Departemen Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia

peneliti ucapkan banyak terima kasih atas dukungan dan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismail, Zafrullah, dkk (2014), “Analisis Keandalan pada *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* di PT. PJB UP Gresik Menggunakan Metode Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)”, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, hal 1-6
- [2] Sugiharto, Rahmad (2010), *Perancangan Heat Recovery Steam Generator (HRSG) Dengan Sistem Tekanan Uap Dua Tingkat Kapasitas Daya Pembangkitan 77 MW*, Skripsi Sarjana., Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Sikumbang, Supriyanto, (2013) “Desain Engineering *Safety Instrumented system (SIS)* pada Furnace 5 (F05) Kilang Pusdiklat Migas”, *Forum Teknologi*, Vol. 03 No. 1
- [4] Exida. 2006. “IEC 61508 Overview Report”, dalam *A Aummary of the IEC 61508 Standard for Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems*. Version 2. USA
- [5] ISA-TR84.00.02-2002 – Part 3 (2002), “*Safety Instrumented Functions (SIF)-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 1*” ISA-The Instrumentation System and Automation Society
- [6] Putradhi, Aryton Humardhani (2013) “Analisa *Safety Instrument System* Dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA Pada Turbin Uap di PT. PJB Unit Pembangkit Gresik”. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 1, hal 1-6
- [7] Goble, William M, (1998), *Control Systems Safety Evaluation & Reliability*, 2nd edition, Lexander Drive., America.
- [8] Ebeling, Charles E. (1997), *An Inroduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : The Mc. Graw-Hill Companies
- [9] Gruhn, P. (2006), *Safety System Risk Analysis Needs to Be More Quantitative*, Putnam., Chicago.
- [10] Maiyana, Eka, dkk. (2013) “Evaluasi *Safety Integrity Level* pada Element-Element Sistem Pengendalian Level Ammonia Stripper di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik”, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, hal. 1-6.
- [11] Rahmawati, Dewi Nur, dkk. (2013). “Evaluasi Reliability dan *Safety* pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator Di PT. Petrokimia Gresik”, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 2, ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)