

RANCANGAN MANHOLE HRSG DI PT. INDONESIA POWER UPJP GRATI

Sophian Hakim Wirajaya¹, Rosidi²,

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Telp : +6221 7270044 Fax : (021)7270034

E-mail : sophianhakim.w@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) adalah peralatan utama dari Pusat Listrik Tenaga Gas-Uap (PLTGU) yang berfungsi untuk memanfaatkan energi panas sisa gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air menjadi uap, kemudian uap tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin uap. HRSG UPJP Grati telah beroperasi selama 21 tahun (sejak 1997) dan sering dilakukan minor repair karena kerusakan yang terjadi seperti kebocoran pada superheate tube, preheater, perbaikan casing & ducting termasuk insulasi panas. Selain karena umur atau life time, pola operasi PLTGU Grati sebagai load follower sehingga menuntut GT dan HRSG beroperasi dalam kondisi partial load dan bahkan mengharuskan start-stop jika pasokan gas mengalami kekurangan. Pengoperasian dengan kondisi partial load dan start-stop menyebabkan beban pada HRSG sangat berfluktuatif. Akibat pola operasi tersebut, mengakibatkan terjadinya fatigue stress dan deformasi pada pressure part dan struktur mekanis HRSG serta kebocoran pada tube-tube HRSG. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, maka dibuatlah rancangan manhole HRSG yang lebih mudah sehingga dapat mengurangi waktu proses pemeliharaan, karena apabila perawatan atau perbaikan dilakukan dengan waktu yang lama maka menyebabkan kerusakan menyebar ke bagian-bagian yang lain serta membuat kerugian yang lebih besar karena tidak berfungsinya HRSG semakin lama. Metodologi yang digunakan ialah mendesain manhole HRSG menggunakan software Solidworks yang Selanjutnya dilakukan perhitungan teknik meliputi perhitungan gaya, kekuatan rangka, material, kemudian dilakukan simulasi analisis. Hasil perencanaan yang diperoleh untuk rancangan manhole HRSG pada PLTGU Grati adalah sebagai berikut: ukuran manhole 800x800mm, material manhole menggunakan stainless steel 304, bahan isolator manhole menggunakan Rockwool. Dengan dirancangnya manhole tersebut, diharapkan dapat mengurangi waktu proses perbaikan serta meminimalisir adanya kebocoran gas.

Kata Kunci: HRSG, lubang laluan HRSG, Baja tahan karat 304.

Abstract

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is the main equipment of the Steam-Electric Power Plant (PLTGU) which serves to utilize the exhaust heat energy from the gas turbine to heat the water into steam, then steam is used to drive the steam turbine. HRSG UP Grati has been operating for 21 years (since 1997) and has been frequently done minor repair due to damage such as superheater tube leakage, preheater, casing & ducting repair including heat insulation. In addition to its age or life time, the operating pattern of PLTGU Grati as a load follower requires that GT and HRSG operate in partial load conditions and even require start-stop if the gas supply is deficient. Operation with partial load and start-stop conditions causes the load on HRSG to be highly volatile. As a result of these operating patterns, resulting in the occurrence of fatigue stress and deformation in pressure parts and mechanical structure of HRSG and leaks on HRSG tubes. To overcome these problems, the HRSG manhole design is made easier and can shorten the maintenance process time, because if the maintenance or repair is done with a long time then cause damage to spread to other parts and make greater losses due to malfunction HRSG. The methodology used is designing HRSG manhole using Solidworks software. Next, the calculation of technique includes calculation of force, frame strength, material, then analyzed. The result of planning obtained for HRSG manhole design at PLTGU Grati is as follows: manhole size 800x800mm, manhole material using stainless steel 304, manhole isolator material using Rockwool. With the manhole designed, it is expected to speed up the process of repair and minimize the gas leak.

Keywords: HRSG, Access Door Manhole, Stainless Steel 304.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) merupakan gabungan dari dua pusat tenaga listrik yaitu Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTGU memiliki dua jenis sistem pengoperasian, yaitu: sistem operasi *open cycle* dan sistem operasi *combined cycle*. Sistem operasi *open cycle* merupakan sistem operasi dimana hanya generator pada turbin gas yang menghasilkan listrik dan gas buang dari turbin gas dibuang ke atmosfer melalui *bypass stack*. Sedangkan sistem operasi *combined cycle* merupakan sistem pengoperasian yang memanfaatkan gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air sebagai fluida kerja turbin uap yang terjadi di dalam HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). Salah satu permasalahan yang terdapat di dalam HRSG adalah dampak *thermal stress* terhadap komponen – komponen yang terdapat di dalam HRSG yang dapat menyebabkan kebocoran pada *tube-tube* HRSG. Saat terjadinya kerusakan maka operator akan segera melakukan *shutdown* (menonaktifkan) HRSG untuk menghindari kerusakan menyebar ke bagian yang lain. Akibat terhentinya HRSG, akan mengganggu proses produksi dan *supply* listrik akan terhenti akibat proses perbaikan komponen yang rusak, sehingga biaya operasional perusahaan meningkat, mengakibatkan penurunan efisiensi, serta kerugian besar yang didapatkan perusahaan akibat lamanya waktu perbaikan, oleh karena itu untuk mengurangi waktu perbaikan saat terjadinya kebocoran pada komponen HRSG, serta mempermudah dan mempercepat pekerja untuk mengakses *manhole* HRSG, maka diperlukan adanya *access door* HRSG yang lebih praktis namun tidak mengurangi kekuatan *manhole* tersebut dengan memilih material yang tepat. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang *access door* baru yang lebih praktis kemudian menganalisis dan mensimulasikan distribusi *thermal* pada sisi dalam *manhole* dengan menggunakan *software Solidworks*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang *access door* HRSG agar dapat mengurangi waktu perbaikan?
- b. Bagaimana merancang *access door* HRSG yang aman dan praktis?

1.3 Tujuan

Ada beberapa tujuan pada penelitian ini, yaitu:

- a. Untuk menghitung *downtime* (kerugian waktu akibat tidak efektifnya untuk mengakses *manhole* *access door* HRSG) dan meningkatkan keamanan personil dari resiko kebocoran gas.
- b. Untuk menghitung kerugian yang didapat perusahaan akibat tidak beroperasinya HRSG.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada HRSG terdapat *access door* berupa manhole yang digunakan personil di lapangan untuk melakukan pemeliharaan atau perbaikan saat terjadinya kebocoran.



Gambar 1. *access door manhole* pada HRSG PLTGU Grati:

HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) adalah salah satu komponen dari sistem PLTGU yang berfungsi untuk memanfaatkan gas panas dari turbin gas untuk menghasilkan uap yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi, kemudian uap tersebut digunakan sebagai fluida kerja dari turbin uap. HRSG yang digunakan di PT. Indonesia Power UPJP Grati adalah HRSG jenis *unfired heat recovery boiler*, yang memiliki sistem sirkulasi paksa, dan memiliki dual *pressure*. Komponen-komponen dari HRSG PLTGU UPJP Grati adalah:

1. LP section : LP *economizer* dengan *condensate recirculating pumps*, LP drum dengan *daerator*, LP *evaporator* dengan LP *circulating pumps*, dan LP *Superheater*.
2. HP section: HP *economizer* dengan HP *transfer pumps*, HP drum, HP *evaporator* dengan HP *circulating pumps*, HP *superheater* 1 dan 2, dan *desuperheater*.
3. Blow down *equipment*.

2.2. Konsep Konstruksi Mesin

Tabel 1. Bagian-Bagian Konstruksi

Bagian Konstruksi	Rencana
a. <i>Jenis Material</i>	<i>Stainless Steel 304</i>
b. <i>Jenis Las</i>	<i>Las MIG</i>
c. <i>Insulasi</i>	<i>Rockwool</i>

A. *Stainless Steel 304*

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. Ada berbagai macam jenis *stainless steel*. Tipe 304 adalah tipe yang paling umum dari *grade austenitic*. Tipe 304 memiliki komposisi 18/8, yang artinya: kandungan kromium sebesar 18% sedangkan kandungan nikel sebesar 8%. *Stainless steel* tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling baik diantara *stainless steel* lainnya dikarenakan komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang *relative terjangkau* .

Composition Specification (%)

Grade	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N	
304	min. max.	- 0.07	- 2.0	- 0.75	- 0.045	- 0.030	17.5 19.5	-	8.0 10.5	- 0.10
304L	min. max.	- 0.030	- 2.0	- 0.75	- 0.045	- 0.030	17.5 19.5	-	8.0 12.0	- 0.10
304H	min. max.	0.04 0.10	- 2.0	- 0.75	- 0.045	- 0.030	18.0 20.0	-	8.0 10.5	-

Mechanical Property Specification (single values are minima except as noted)

Grade	Tensile Strength (MPa) min	Yield Strength 0.2% Proof (MPa) min	Elongation (% in 50mm) min	Hardness	
				Rockwell B (HR B) max	Brinell (HB) max
304	515	205	40	92	201
304L	485	170	40	92	201
304H	515	205	40	92	201

304H also has a requirement for a grain size of ASTM No 7 or coarser.

Physical Properties (typical values in the annealed condition)

Grade	Density (kg/m ³)	Elastic Modulus (GPa)	Mean Coefficient of Thermal Expansion			Thermal Conductivity		Specific Heat (J/kg.K)	Electrical Resistivity (nΩ.m)
			0-100°C (µm/m/°C)	0-315°C (µm/m/°C)	0-538°C (µm/m/°C)	at 100°C (W/m.K)	at 500°C (W/m.K)		
			304/L/H	7900	193	17.2	17.8		

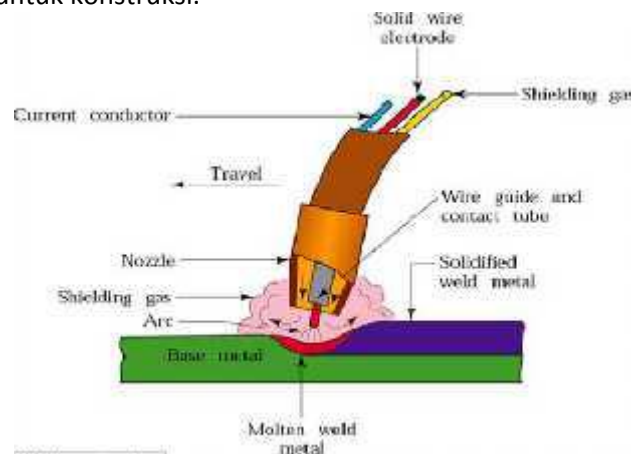
Gambar 2. Spesifikasi *Stainless Steel* 304.

B. Jenis Las

Las MIG adalah pengelasan dengan menggunakan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah. Disebut juga dengan **Solid Wire**. Las MIG biasanya banyak digunakan untuk pengelasan baja-baja yang memiliki kualitas yang baik, seperti baja yang memiliki daya tahan karat yang sangat tinggi, maupun baja-baja yang sangat kuat ataupun logam-logam yang tidak bisa dilas menggunakan teknik las manapun selain las MIG. Las MIG juga sering digunakan secara otomatis maupun secara semi-otomatis yang memiliki arus searah polaritas balik yang menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2mm sampai 24mm. Karena perkembangan teknologi semakin canggih belakangan ini banyak menggunakan kawat elektroda yang memiliki diameter 3,2mm sampai 6,4mm yang digunakan untuk pengelasan aluminium yang sangat tebal, contohnya tangki penyimpanan gas alam cair. Las MIG ini juga digunakan yang memiliki kecepatan kawat elektroda yang tetap dengan cara pengumpan tarik dorong.

Las MIG (*Metal Inert Gas*) sesuai dengan kebutuhan tersebut. Hal ini karena las MIG memiliki kelebihan (Sumber: <https://belajarmesinbubutnc.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>), sebagai berikut;

- lebih cepat dibandingkan dengan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan menghasilkan hasil yang lebih tahan lama,
- tidak menghasilkan *slag* atau terak,
- sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat,
- las MIG cocok untuk konstruksi.



Gambar 3. Las Mig

(Sumber: <https://belajarmesinbubutnc.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>)

Tegangan pada sambungan las sulit ditentukan karena variabel dan tidak dapat diprediksi. Parameter seperti homogenitas logam las, tekanan termal pada lasan, perubahan fisik, sifat karena tingkat pendinginan yang tinggi dan lain-lain. Maka tegangannya diperoleh berdasarkan asumsi berikut:

- beban didistribusikan secara seragam sepanjang seluruh lasan, dan
- *stress* tersebar secara merata di atas bagian efektifnya.

Beban yang diberikan pada las menghasilkan konsentrasi tegangan pada persimpangan lasan dan logam induk. Bila bagian-bagiannya mengalami beban *fatigue*, faktor konsentrasi tegangan seperti yang diberikan pada tabel berikut harus diperhitungkan:

Tabel 2. faktor konsentrasi tegangan

	<i>Type of Joint</i>	<i>Stress concentration factor</i>
1	Reinforced butt weld	1.2
2	Toe of transverse fillet welds	1.5
3	End of parallel fillet weld	2.7
4	T-butt joint with sharp corner	2.0

(Khurmi&Gupta:2005,vol 354)

C. Insulasi *Rockwool*

Rockwool merupakan material bahan bangunan yang digunakan sebagai bahan untuk isolasi ruangan atau bangunan baik itu rumah tinggal atau bangunan komersial dari suara bising. Tidak hanya digunakan sebagai material yang digunakan untuk isolasi suara, *rockwool* juga dapat mengisolasi panas dan lembab pada ruangan. *Rockwool* ini digunakan pada bagian terdalam pada *access door* HRSG. Penggunaan bahan *rockwool* sendiri tidak hanya dapat diaplikasikan saja pada bangunan, melainkan juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan diantaranya:

- *Rockwool* dapat digunakan sebagai pelindung pipa agar tidak mudah berkarat.
- Digunakan sebagai peredam suara dan peredam panas pada bangunan.
- Kinerja Termal yang Bagus
- Tidak Mudah Terbakar

2.3 Perancangan

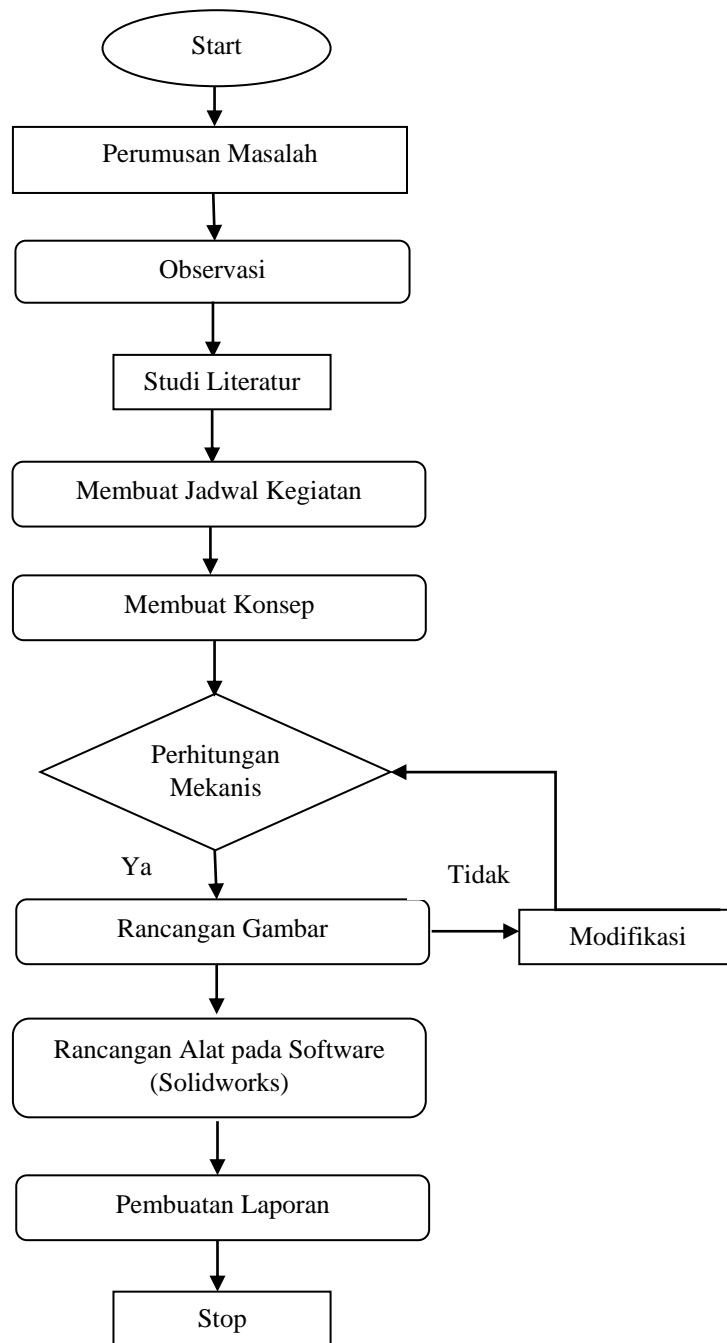
Merancang merupakan tahapan melakukan *draft* rancangan dan spesifikasi beberapa *part* kemudian diberikan optimasi dan revisi rancangan jika memang diperlukan. Dalam hal ini, menggunakan *software Solidworks 2016* dalam pembuatan *draft* rancangan 3D dan 2D *Modelling*. Selain itu, *software Excel 2016* diperlukan untuk mengkalkulasi keuntungan yang didapat serta harga pokok produksi, mulai dari material *cost*, *operator*, dan variabel *cost* yang lain.

2.4 Fabrikasi/Manufaktur

Tahapan penyelesaian terakhir yang harus dilakukan adalah menyusun gambar kerja/*floor drawing* hasil pengerjaan dari *software*, yang nantinya akan digunakan sebagai informasi selama proses manufaktur. Tahapan ini tidak dijelaskan.

2.5 Diagram Alir

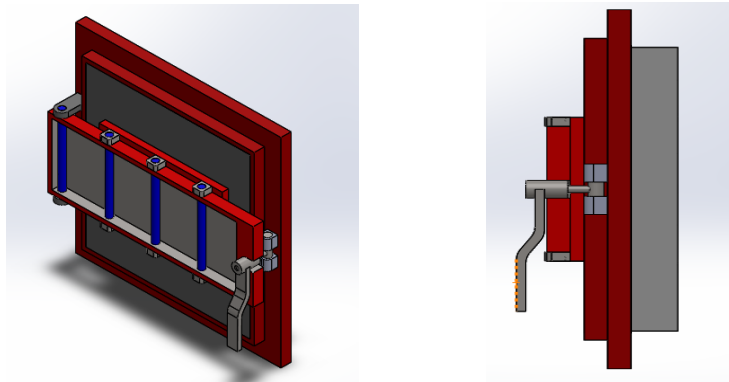
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Access Door HRSG



Gambar 5. 3D Access Door HRSG

Tabel 3. Konsep Rancangan

Material	Stainless Steel 304
Insulasi	Rockwool
Panjang	800 [mm]
Lebar	800 [mm]
Aktuator	Lever

3.2 Pengaruh Panas

Dalam penggunaan *manhole* HRSG yang selalu terjadi kontak langsung terhadap panas yang merambat secara konduksi, maka diperlukan bahan yang dapat menangkap panas agar tidak terjadi kontak panas dengan pekerja, maka Persamaan yang digunakan.

$$Q/t = kA (T_2 - T_1)/x \quad \text{[Persamaan 1]}$$

3.3 Kekuatan pada Pengelasan

Kekuatan las pada rancang bangun diperlukan untuk membuat *stopper* pada *middle plate*, maka Persamaan 2 yang digunakan.

$$\sigma_t = \frac{3t_1 P e}{l t (3t_1^2 - 6t_1 t + 4t^2)} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Dengan :

- σ_t : kekuatan pada las,
- t_1 : tebal dari benda pertama,
- P : gaya yang bekerja,
- e : ketinggian las pada benda,
- t : tebal pada benda kedua, dan
- l : panjang lasan pada benda.

Sedangkan pada gagang untuk pemegang menggunakan perhitungan lasan dengan Persamaan 3.

$$\sigma_t = \frac{0,345P}{t \cdot l} \quad \text{[Persamaan 3]}$$

Dengan:

- σ_t : kekuatan pada las,

- P : gaya yang bekerja,
t : tebal pada benda kedua, dan
l : panjang lasan pada benda.

3.4 Keuntungan Yang Didapat

Pengecekan kebocoran pada HRSG akan membuat produksi listrik menjadi berhenti, di PLTGU Grati saat adanya perbaikan kebocoran *tube* HRSG memerlukan waktu 1-5 jam tergantung jenis kerusakan. Di bawah ini adalah data kerugian akibat adanya pengecekan kebocoran HRSG.

- Kerugian Akibat Shutdown HRSG

Tabel 4. Analisis Kerugian.

Analisis Kehilangan Pendapatan		
FD 1 ST 1.0 Gangguan Exh. Damper (3 April 2017)		
Nama Unit	: PLTGU Grati Blok I	
Nomor Unit	: ST 1.0	
DTP	: 155.48 MW	
Merk/Tipe	: MITSUBISHI MW 701D	
Tahun Operasi	: Th. 1997	
PLTGU BLOK I		Satuan
Produksi		
MW Derating / Gangguan GT	MW	-
Mulai	mm/dd/yyyy	-
Selesai	mm/dd/yyyy	-
Lama gangguan GT	Jam	-
MW Derating / Gangguan ST	MW	47,48
Mulai	mm/dd/yyyy	03/04/2017 12:15
Selesai	mm/dd/yyyy	03/04/2017 16:05
Lama Gangguan ST 1.0	Jam	3,83
CF (asumsi)	%	100,00
Kehilangan kesempatan Produksi	KWh	182.006,67
HPP (Komp C & D) Block 1 (s/d Bln Desember 2016)	Rp/KWh	786,650
Kehilangan Pendapatan dari Produksi	Rp	143.175.544,34

- **Keuntungan Yang diperoleh**

Tabel 5. Analisis Keuntungan

Analisis Kehilangan Pendapatan		
FD 1 ST 1.0 Gangguan Exh. Damper (3 April 2017)		
Nama Unit	: PLTGU Grati Blok I	
Nomor Unit	: ST 1.0	
DTP	: 155.48 MW	
Merk/Tipe	: MITSUBISHI MW 701D	
Tahun Operasi	: Th. 1997	
PLTGU BLOK I	Satuan	
Produksi		
MW Derating / Gangguan GT	MW	-
Mulai	mm/dd/yyyy	-
Selesai	mm/dd/yyyy	-
Lama gangguan GT	Jam	-
MW Derating / Gangguan ST	MW	47,48
Mulai	mm/dd/yyyy	03/04/2017 12:15
Selesai	mm/dd/yyyy	03/04/2017 15:50
Lama Gangguan ST 1.0	Jam	3,58
CF (asumsi)	%	100,00
Kehilangan kesempatan Produksi	KWh	170.136,67
HPP (Komp C & D) Block 1 (s/d Bln Desember 2016)	Rp/KWh	786,650
Kehilangan Pendapatan dari Produksi	Rp	133.838.008,83

Data di atas diambil berdasarkan kerugian akibat gangguan pada HRSG tahun 2017 yang menghabiskan waktu sebanyak 3,8 jam, derating sebesar 47,48 MW sehingga perusahaan akan mendapatkan kerugian sebesar Rp143.175.544 Dengan menggunakan *design manhole* ini maka proses pemeliharaan atau perbaikan dapat berkurang sebesar 15 menit dengan *derating* yang sama.

Sehingga akan didapatkan keuntungan sebesar $Rp143.175.544 - Rp133.838.008 = Rp9.337.536$.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan pada karya tulis ini, dapat disimpulkan bahwa rancangan *manhole access door* untuk HRSG layak dikonstruksikan.

- Dengan menggunakan *Design manhole* ini dapat mengurangi waktu proses perbaikan sebesar 15 menit, dan mengurangi jumlah kerugian yang didapat oleh perusahaan.
- Pengurangan jumlah tenaga kerja untuk mengakses atau membuka *manhole*.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan *full paper* seminar nasional ini mungkin tidak akan terselesaikan tanpa ada bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

- PT. Indonesia Power UPJP Perak Grati yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan kerja praktik.
- Bapak Rosidi, S.T, selaku dosen pembimbing OJT.
- Ibu Chandra, M.Si., sebagai Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.

- d. Teman-teman D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2015 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan *full paper* seminar nasional ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi, R.S. dan J.K. Gupta. 2005. "A Text Book of Machine Design". New Delhi : Eurasia Publishing House Limited.
- [2]. Robert C Swanekamp. 2006. "The HRSG Users Handbook". United States : Sons Company
- [3]. Sularso, Kiyokatsu Suga. 2004. "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin". Jakarta : PT Pradnya Paramita
- [4]. L Mott, Robert. 2004. "Elemen-elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis". Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- [5]. Ronald S. Graves and Robert R. Zarr.1997." Insulation Materials:Testing and Applications,Third Volume". Canada: ASTM Committee C-16
- [6]. <https://www.indotara.co.id/definisi-pengelasan-menggunakan-las-mig&id=213.html>
- [7]. www.atlassteels.com.au, Stainless steel datasheet august 2013