

**ANALISIS KEBOCORAN HIDROGEN SEBAGAI SISTEM PENDINGIN  
GENERTOR PLTU 660MW BANTEN-1 DENGAN  
MENGUNAKAN METODE INJEKSI FREON**



AGITA EZRA KARO KARO  
NIM: 41319120094

PROGRAM STUDI TEKNIK TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBOCORAN HIDROGEN SEBAGAI SISTEM PENDINGIN  
GENERATOR PLTU 660MW BANTEN-1 DENGAN  
MENGUNAKAN METODE INJEKSI FREON



Disusun oleh:  
UNIVERSITAS

MERCU BUANA  
Nama : Agita Ezra Karo Karo  
NIM : 41319120094  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
MARET 2021

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS KEBOCORAN HIDROGEN SEBAGAI SISTEM PENDINGIN GENERATOR PLTU 660MW BANTEN-1 DENGAN MENGUNAKAN METODE INJEKSI FREON

Disusun oleh:

Nama : Agita Ezra Karo Karo  
NIM : 41319120094  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 23 Agustus 2021

Telah dipertahankan di depan penguji

Pembimbing TA

Penguji Sidang I



(Alief Avicenna Luthfie ST,.M.Eng.)

NIP: 216910097

Penguji Sidang II



(Wiwit Suprihatiningsih, M.Si)

NIP: 119800641

Penguji Sidang III



(Andi Firdaus Sudarma, M.Eng)

NIP: 217810112

Kaprodi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, Ph.D)

NIP: 118690617

(Muhamad Fitri, Ph.D)

NIP: 118690617

Mengetahui,

Koordinator TA



(Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng.)

NIP: 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Agita Ezra Karo Karo  
NIM : 41319120094  
Jurusan : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEBOCORAN HIDROGEN SEBAGAI SISTEM  
PENDINGIN GENERATOR PLTU 660MW BANTEN-1  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE INJEKSI FREON

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiridan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hasil penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

MERCU BUANA

Jakarta, 23 Agustus 2021

  
(Agita Ezra Karo Karo)



## PENGHARGAAN

*Salam Sejahtera bagi kita semua.*

Segala Puji dan Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas karunia, rahmat dan berkat-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu sudah sepantasnya penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bpk Prof. Dr. Ir. Ngadino Surip, MS selaku Rektor Universitas Mercubuana yang telah memimpin selama perkuliahan saya di universitas mercubuana.
2. Bapak Muhamad Fitri, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah memberi arahan kepada saya sebagai Mahasiswa yang diuji.
3. Bapak Alief Avicenna Luthfie ST, M.Eng. selaku dosen pembimbing dan koordinator tugas akhir yang banyak memberikan arahan kepada penulis.
4. Bapak dan ibu dosen Penguji sidang yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama proses sidang dan revisi.
5. Bapak dan ibu dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menempuh kuliah di Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Serta teman-teman seperjuangan yang membantu dalam segi moril dan materil.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lepas dari keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Sekian dan terima kasih.

Jakarta 23 Agustus 2021



Agita Ezra Karo Karo

## ABSTRAK

Terjadinya panas pada generator/ alternator disebabkan adanya rugi tembaga dan rugi besi akibat arus yang mengalir melewati konduktor di dalam generator. Demi menjaga generator tetap dapat bekerja dengan baik dibutuhkan suatu sistem pendinginan untuk menghilangkan panas tersebut. Sistem pendinginan generator pada PLTU 1x660MW Banten-1 menggunakan Gas Hidrogen, dimana sistem pendinginan hidrogen ini mempunyai nilai toleransi penurunan atau kehilangan akibat konsumsi generator sendiri yaitu  $<12\text{Nm}^3/\text{hari}$  yang selalu dipantau dari Central Control Room (CCR). Namun kenyataannya di hari tertentu penurunan atau kehilangan Hidrogen akibat konsumsi dari generator sendiri, melebihi  $12\text{Nm}^3/\text{hari}$  berdasarkan pembacaan penurunan pressure pada CCR. Penurunan yang melebihi nilai tersebut mengindikasikan adanya kebocoran hidrogen di sistem pendingin generator pada PLTU 1x660MW Banten-1. Penelitian ini bertujuan Menginvestigasi kebocoran dan memperbaiki kebocoran hidrogen tersebut berdasarkan pembacaan konsumsi  $>12\text{Nm}^3/\text{hari}$  di hari tertentu tersebut. Pada penelitian ini proses investigasi kebocoran hidrogen menggunakan Metode Injeksi Freon sebagai pengganti Hidrogen pada generator. Freon di injeksikan melalui line masuk  $\text{CO}_2$  yang kemudian akan dilakukan pencarian pada titik point yang telah ditentukan dengan menggunakan alat Freon Detektor. Hasil dari pencarian kebocoran dengan injeksi Freon menemukan tiga sumber kebocoran dari sisi Generator Exiter, yaitu pada Mainhole Cooling Tank Hidrogen, Gasket Middle Ring dan Gland Seal-ring. Yang kemudian dilakukan analisis dan hasil dari analisis terhadap mainhole yaitu salah satu bautnya kendor dapat terjadi akibat pengaruh dari vibrasi generator dan tidak memakai lock plate nutt, kerusakan pada gasket middle ring bisa terjadi pada saat pemasangan atau pemberian silicon yang tidak merata. Pada gland seal ring bisa mengalami perubahan diameter dalam (*inner diameter*) karena kurang maksimalnya pressure oil seal yang sekaligus sebagai pendingin seal ring, bisa membuat temperature ring tinggi dan mempengaruhi umur pemakain ring. Sebab seal ring static namun berada pada poros shaft yang rotating berputar dengan rpm tinggi. Dari hasil analisis bisa di dapat langkah yang tepat untuk perbaikan, pada baut dilakukan pengencangan kembali dan pembalutan dengan silicon dan pada gasket dan seal ring di lakukan pergantian baru.

**Kata kunci:** Generator, sistem pendingin, kebocoran hidrogen dan Metode injeksi freon.

## ABSTRACT

*The occurrence of heat in the generator / alternator due to copper losses and iron losses due to current flowing through the conductors in the generator. In order to keep the generator working properly, a cooling system is needed to dissipate the heat. The generator cooling system at PLTU 1x660MW Banten-1 uses Hydrogen Gas, where this hydrogen cooling system has a tolerance value of decrease or loss due to the consumption of the generator itself, which is  $<12\text{Nm}^3/\text{day}$  which is always monitored from the Central Control Room (CCR). But in fact on certain days the decrease or loss of Hydrogen due to consumption from the generator itself, exceeds  $12\text{Nm}^3/\text{day}$  based on the pressure reading on the CCR. The decrease that exceeds this value is not a lack of hydrogen in the generator cooling system at PLTU 1x660MW Banten-1. This study aims to investigate the leak and repair the hydrogen leak based on consumption readings  $>12\text{Nm}^3/\text{day}$  on that particular day. In this research, the process of investigating hydrogen leakage uses the Freon Injection Method as a substitute for hydrogen in the generator. Freon is injected through the CO<sub>2</sub> inlet line which will then be searched at predetermined points using the Freon Detector. The results of the search for leaks with Freon injection found three sources of leaks from the Generator Exiter side, namely the Mainhole Cooling Hydrogen Tank, Middle Ring Gasket and Gland Seal-ring. Which is then analyzed and the results of the analysis of the mainhole are that one of the bolts loosens can occur due to the influence of generator vibration and does not use a lock plate nut, damage to the middle ring gasket can occur during installation or uneven silicon application. The gland seal ring can change the inner diameter due to the less than optimal pressure oil seal, which also acts as a coolant for the seal ring, can make the ring temperature high and affect the service life of the ring. Because the seal ring is static but is located on a rotating shaft rotating at high rpm. From the results of the analysis, it can be seen that the right steps for repair are done, the bolts are covered with silicon and the gaskets and seal rings are replaced with new ones.*

**Keywords:** Generator, cooling system, hydrogen leakage and Freon injection method.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN	5
1.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	5
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA	7
2.2 GENERATOR	8
2.2.1 Kontruksi Generator Sinkron	8
2.3 SISTEM PENDINGIN GENERATOR	10
2.3.1 Sistem Pendingin Generator Menggunakan Udara Langsung	10
2.3.2 Sistem Pendingin Generator Menggunakan Udara Tetap	11
2.3.3 Sistem Pendingin Generator Menggunakan Hidrogen	12



2.4	<i>SEAL OIL SYSTEM</i> HIDROGEN PADA GENERATOR	14
2.5	KEBOCORAN HIDROGEN	16
2.6	INJEKSI FREON	19
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>21</b>
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	21
3.1.1	Diagram Alir Penulisan	21
3.1.2	Diagram Alir Penelitian	23
3.1.3	Proses Injek Freon	25
3.2	ALAT DAN BAHAN	30
3.2.1	Alat	30
3.2.1	Bahan	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>34</b>
4.1	PROSES PENCARIAN KEBOCORAN	34
4.1.1	Tahap Pertama Pada Lantai Tiga Maint Plant	35
4.1.2	Tahap Kedua Pada Lantai Dua Mezzanine	37
4.1.3	Tahap Ketiga Pada Lantai satu	38
4.2	ANALISIS TEMUAN KEBOCORAN	39
4.2.1	Mainhole Cooling Tank Hidrogen	40
4.2.2	Outter Bearing Generator Exiter side	42
4.3	PERBAIKAN TEMUAN POINT KEBOCORAN	47
4.2.1	<i>Mainhole Cooling Tank Hidrogen</i>	47
4.2.2	<i>Gasket Middle Ring</i>	49
4.2.3	Gland Seal - Ring	52
4.3	DATA PRESSURE SETELAH PERBAIKAN	56
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>59</b>

5.1	KESIMPULAN	59
5.2	SARAN	60
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>61</b>
	<b>KARTU ASISTENSI</b>	<b>63</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>64</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Pressure Hydrogen /hari pada November 2020	3
Gambar 1.2 Grafik Pressure Hidrogen /jam pada Tanggal 2 November 2020	4
Gambar 2.1 Generator PLTU Banten	8
Gambar 2.2 Konstruksi Generator Sinkron	9
Gambar 2.3 Konstruksi Rotor Tipe Salient Silinder	10
Gambar 2.4 <i>Gland Seal-ring</i> setelah <i>Lifting upper gland seal bracket</i>	15
Gambar 2.5 Kontruksi posisi <i>Gland Seal-ring</i> pada <i>Bracket</i>	15
Gambar 2.6 Stopper Seal-ring	16
Gambar 2.7 Tabung Gas freon	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuangan Hidrogen	26
Gambar 3.4 <i>Line</i> dan <i>Valve</i> Masuk Gas ke Generator	27
Gambar 3.5 Tahapan Injek Freon dan Check Kebocoran	28
Gambar 3.6 Freon Detektor	31
Gambar 3.7 <i>Inside Micrometer</i>	31
Gambar 3.8 <i>OutSide Micrometer</i>	32
Gambar 3.9 Gasket TN-9001	32
Gambar 3.10 Silicone Loctice SI 596 Merah	33
Gambar 4.1 Pengecekan Area <i>Mainhole H<sup>2</sup> Cooler Tank Sisi Turbin End</i>	35
Gambar 4.2 Terbacanya Hidrogen Pada <i>Mainhole H<sup>2</sup> Cooler Tank Sisi Exiter</i>	36
Gambar 4.3 Pengecekan Pada Area <i>Upper Outter Bearing</i> sisi Generator <i>Exiter</i>	36
Gambar 4.4 Check di Area <i>Mainhole bottom body Generator</i>	37
Gambar 4.5 Check Area <i>Lower Half Endshield Turbine end</i>	38
Gambar 4.6 Pengecekan pada area <i>Tapping line inlet gas to generator</i>	39
Gambar 4.7 Pengecekan Pada <i>Hidrogen Dryer tower</i>	39
Gambar 4.8 <i>Cooling Tank Hidrogen</i>	40
Gambar 4.9 <i>Fishbone Diagram</i> Baut <i>Mainhole</i> Kendor	41
Gambar 4.10 <i>Fishbone Diagram</i> <i>Gasket Middle Ring</i>	43
Gambar 4.11 Drawing Bearing dan Seal Generator	47
Gambar 4.12 Pengencangan Kembali bolt <i>Mainhole</i>	48

Gambar 4.13 Setelah Perbaikan Tidak Terbaca	49
Gambar 4.14 <i>Upper Middle Ring Side Generator Exiter</i>	50
Gambar 4.15 Temuan Gasket Yang Rusak	50
Gambar 4.16 Pemberian Silicone Loctice SI 596 Merah Pada Gasket	51
Gambar 4.17 Pertemuan Antara Gasket Sisi Upper dan Lower	51
Gambar 4.18 Titik Pengambilan Ukuran Pada Seal-ring	53
Gambar 4.19 Gland Seal-ring Dalam Proses NDT Test	55
Gambar 4.20 Terpasangnya Gland Seal-ring Yang Baru	56
Gambar 4.21 Pengukuran Diameter Dalam Gland Seal-ring	56
Gambar 4.22 Grafik Pressure Hydrogen /Day pada Februari 2021	57
Gambar 4.23 Grafik Pressure Hydrogen /Hours pada 23 Februari 2021	57



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Udara Langsung	11
Tabel 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Udara Tetap	12
Tabel 2.3. karakteristik media pendingin generator	13
Tabel 2.4. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hidrogen	13
Tabel 2.5. Sifat Fisik Hidrogen	17
Tabel 2.6. Spesifikasi <i>Pressure</i> Hidrogen Model Generator QFSN-670-2	18
Tabel 2.7. Kalkulasi Kebocoran Hidrogen tanggal 2-11-2021	19
Tabel 3.1. Model Generator QFSN-670-2	33
Tabel 4.1 Pengecekan Pada Lantai Tiga Main Plant	35
Tabel 4.2 Pengecekan Pada Lantai Dua Mezzanine	37
Tabel 4.3 Pengecekan Pada Lantai Satu	38
Tabel 4.4 Spesifikasi Gasket TN-9001 Spesifikasi Gasket TN-9001	44
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Seal-ring yang lama	53
Tabel 4.6 Hasil Ukur Seal-ring Sebelum dibubut	54
Tabel 4.7. Hasil Ukur Seal-ring Setelah dibubut	55
Tabel 4.8. Kalkulasi Kebocoran Hidrogen tanggal 23 Februari-2021	58



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\Delta VH$	Leak /hours
H	Test Duration
$^{\circ}C$	Celcius
V	Volume
<i>mj</i>	Mega Joule
<i>m/s</i>	Meter /second
<i>K</i>	Kilo
J	Joule
MW	Mega watt
<i>psi</i>	<i>Pound-force per square inch</i>
<i>kj</i>	Kilo joule
<i>mm</i>	Mili meter
$CO_2$	Karbon dioksida
$H_2$	Hidrogen
MPa	Mega pascal
kg	Kilo gram
$m^3$	Meter kubik

MERCU BUANA