

# ANALISIS PENANGANAN KEBOCORAN HYDROGEN PADA LINE GENERATOR STATOR COOLING WATER

Oleh :

Andrew Olopan Siregar <sup>1)</sup>

Adi Sastra P Tarigan <sup>2)</sup>

Solly Aryza <sup>3)</sup>

Universitas Pembangunan Pancabudi, Medan <sup>1,2,3)</sup>

*E-mail:*

[Andrewregar96@gmail.com](mailto:Andrewregar96@gmail.com) <sup>1)</sup>

[adisastratarigan@gmail.com](mailto:adisastratarigan@gmail.com) <sup>2)</sup>

[sollyaryza@gmail.com](mailto:sollyaryza@gmail.com) <sup>3)</sup>

## ABSTRACT

The stator is part of the generator that does not move, consisting of coils of conducting wire arranged in such a way and placed in the grooves of the iron core. In the conductor is the place where the induced emf is formed which is the result of the rotating magnetic field from the rotor which is the stator conducting coil. The amount of electrical voltage generated by a generator at a power plant is usually in the form of volts. When the generator operates there will be a short circuit in the form of heat that occurs in the rotor and stator of the generator. To reduce the heat that occurs, each generator has its own cooling system to get the appropriate temperature so that it can operate normally. Generators that have a large capacity (> 300 MVA) generally use hydrogen gas as a cooling medium. The advantage of hydrogen gas as a coolant is that it has good heat transfer and produces a relatively small amount so that the heat generated is small

**Keywords:** *Generator, Stator and Hydrogen Cooling*

## ABSTRAK

Stator adalah bagian dari generator yang tidak bergerak, terdiri dari kumparan kawat penghantar yang disusun sedemikian rupa dan ditempatkan pada alur-alur inti besi. Pada penghantar merupakan tempat terbentuknya ggl induksi yang merupakan hasil dari medan magnet yang berputar dari rotor yang merupakan kumparan penghantar stator. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator pada suatu pembangkit listrik biasanya dalam bentuk volt. Pada saat generator beroperasi akan terjadi hubungan pendek berupa panas yang terjadi pada rotor dan stator generator. Untuk mengurangi panas yang terjadi, setiap generator memiliki sistem pendingin tersendiri untuk mendapatkan temperatur yang sesuai sehingga dapat beroperasi dengan normal. Generator yang memiliki kapasitas besar (>300 MVA) umumnya menggunakan gas hidrogen sebagai media pendinginnya. Kelebihan gas hidrogen sebagai pendingin adalah memiliki perpindahan panas yang baik dan menghasilkan jumlah yang relatif kecil sehingga panas yang dihasilkan kecil.

**Kata Kunci:** *Generator, Stator dan Pendingin Hidrogen*

## 1. PENDAHULUAN

PLTU Pangkalan susu adalah pembangkit yang berbahan bakar batubara dengan kapasitas terpasang 4 x 200 MW. Beroperasi pada Based Load Operasi di Sistem Kelistrikan Sumatera Utara. Maka ketersediaan dan keandalan mesin pembangkit menjadi sangat penting. Ketika terjadi kerusakan atau kegagalan Generator, akan menyebabkan terganggunya proses perubahan energi mekanik menjadi energi listrik, sehingga dapat menyebabkan unit berhenti beroperasi. Jika ini terjadi selain kerugian akibat hilangnya kesempatan unit operasi juga terdapat kerugian dari biaya perbaikan dan kerugian material pengganti.

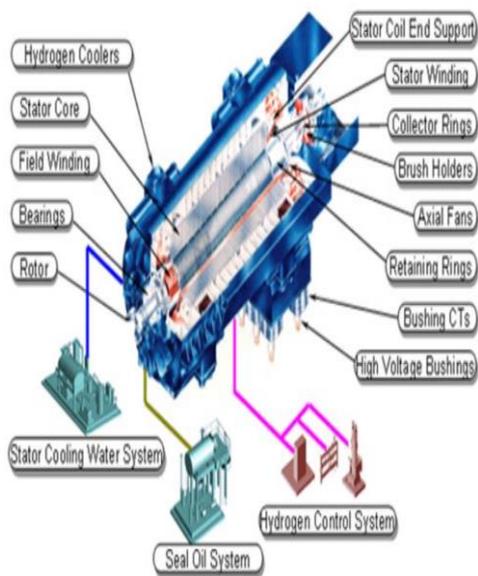
Generator merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Proses berubahnya energi mekanik menjadi energi listrik terjadi dengan bantuan gaya magnet. Pada Generator di PLTU PANGKALAN SUSU, energi mekanik berasal dari rotor yang terkopel dengan turbin yang dikopel dengan uap. Rotor diinjeksi dengan arus DC untuk membangkitkan medan magnet. Selanjutnya, medan magnet pada rotor yang berputar akan menginduksikan tegangan pada stator generator. Spesifikasi Generator Unit 1 dan 2 PLTU UJP PANGKALAN SUSU mengeluarkan daya

listrik 200 MW dengan tegangan nominal 15,75 KV pada putaran 3000 rpm. Generator merupakan salah satu peralatan utama PLTU yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Sistem eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya. PLTU adalah jenis Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang banyak digunakan, karena efisiensinya baik dan bahan bakarnya mudah didapat sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis.

Pada tahun 2021 terjadi masalah pada generator unit 1 pada sistem hydrogen di dalam generator. Pressure hydrogen dalam generator turun sangat cepat, sehingga diambil keputusan untuk shutdown unit. Setelah dilakukan pemeriksaan pada area yang memungkinkan terdapatnya hydrogen yang bocor dengan H2 leakage detector didapatkan pada Stator Cooling water Tank terdapat hydrogen. Pressure H2 - 0,3Mpa Pressure cooling water = 0,147 - 0.196 Mpa (Inlet Pressure of stator winding) 0.2 - 0.25 Mpa (Pressure of influent water of hydrogen cooler). Melihat data diatas dan hasil pemeriksaan

di dapatkan kesimpulan bahwa kernungkinan terbesar terdapat pipa cooling water yang bocor dalam generator, sehingga hidrogen masuk dan terbawa pada sistem GSCW. Sebelum memeriksa ke dalam generator lakukan test Insulation tester dengan megger untuk memastikan nilai tahanan isolasi winding generator dalam keadaan baik

## 2. TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 1. Konstruksi Generator Sinkron

Secara umum konstruksi generator sinkron sama dengan motor sinkron, dimana konstruksi generator sinkron terdiri dari rotor, stator, dan celah udara. Rotor adalah bagian yang berputar dan suatu generator dimana kumparan medan disuplai arus searah dari eksitasi. Stator adalah bagian dari generator sinkron yang diam, dimana akan menghasilkan ggl (gaya gerak listrik)

induksi pada konduktor yang terdapat pada medan jangkar. Celah udara adalah ruang antara rotor dan stator yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluks atau induksi energi listrik yang ke stator dan memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet

### Komponen-Komponen Generator

#### 1. Stator

Stator merupakan bagian dari Generator yang tidak bergerak atau diam, terdiri dari gulungan kawat penghantar yang disusun sedemikian rupa dan ditempatkan pada alur-alur inti besi. Pada penghantar tersebut adalah tempat terbentuknya GGL induksi yang diakibatkan dari medan magnet putar dari rotor yang memotong kumparan penghantar stator. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh Generator pada sebuah pembangkit listrik biasanya dalam ribuan volt. Adapun bagian-bagian stator dari sebuah generator meliputi:

##### a) Stator Frame

Merupakan bagian terluar dari sebuah Generator yang biasa kita lihat dan bahkan dipegang dengan tangan terbuka pada saat generator tersebut beroperasi. Stator frame didesain explosion safe yaitu frame dapat bertahan jika terjadi ledakan internal karena percampuran hidrogen dengan

udara, sehingga ledakan tidak akan melukai manusia, merusak peralatan maupun bangunan.

b) Stator Core

Merupakan bagian terluar merupakan tempat dimana belitan stator (Stator Winding) ditempatkan. Terbuat dari pelat-pelat baja yang disusun secara berlapis-lapis dengan ketebalan  $\pm 0.35$  mm s/d 0.5 mm.

c) Stator winding

Stator winding dibuat menggunakan penghantar bahan tembaga (copper conductor) yang mempunyai isolasi khusus dan didistribusikan secara merata pada stator core. Pada setiap slot terdapat dua stator bar (upper dan bottom coil). Stator winding terbagi menjadi tiga phase dan umumnya mempunyai hubungan Wye dimana pada hubungan Wye terdapat netral yang digrounding sebagai proteksi dari stator winding.

## 2. Rotor

Rotor adalah bagian yang bergerak merupakan bagian dari generator yang berfungsi untuk menempatkan kumparan medan magnet eksitasi. Terdiri dari kumparan medan magnet yang disusun pada alur-alur inti besi rotor, sehingga apabila pada kumparan tersebut dialirkan

arus searah (DC) maka akan membentuk kutub-kutub magnet Utara dan Selatan.

a) Rotor Forging

Rotor Forging merupakan bagian mekanis dari rotor yang terbuat dari material khusus (*permeable magnetic steel*) yang dapat berfungsi sebagai jalur flux yang dihasilkan oleh rotor winding. Rotor generator merupakan dynamic komponen, beroperasi pada putaran tinggi maka material harus dapat menahan tekanan dan dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi untuk menempatkan rotor winding. Rotor forging harus dapat beroperasi pada beban mekanik dan thermal yang tinggi

b. Rotor Winding

Rotor winding dipasang pada slot rotor generator dengan distribusi merata pada rotor body untuk kedua pole. Winding rotor terbuat dari sejumlah belitan bahan tembaga (copper) yang dihubungkan secara serial. Seluruh design rotor winding yang dibuat oleh banyak fabricant akan mempunyai fungsi dasar yang sama yaitu untuk menghasilkan flux bagi stator generator. Hal yang harus diperhatikan adalah bagaimana metode pendinginan dari winding rotor saat beroperasi. Untuk turbo generator umumnya menggunakan direct cooled dengan menggunakan udara ataupun gas hydrogen. Udara pendingin

atau gas hydrogen dilewatkan pada rotor winding untuk mengurangi temperature pada rotor winding termasuk ground insulation sehingga life time isolasi terjaga

## 1 . Komponen pendukung Generator

### Sistem Pendingin Generator

System Pendinginan dengan Hydrogen (*Hydrogen Cooled*) Pada generator yang mempunyai kapasitas besar ( $> 300$  MVA) umumnya menggunakan gas hydrogen sebagai media pendingin. Keuntungan dari gas hydrogen sebagai pendingin adalah mempunyai heat transfer yang baik dan gesekan yang relative kecil sehingga panas yang dihasilkan menjadi kecil Stator dan rotor generator akan lebih bersih karena tidak adanya udara luar yang masuk ke generator. Salah satu syarat pengoperasian generator berpendingin gas hydrogen adalah purity gas hydrogen dalam generator. Purity yang diwajibkan adalah  $>95\%$ , nilai tersebut dapat dipertahankan selama beroperasi dengan adanya hydrogen pressure regulator dan hydrogen seal oil system

### Hydrogen Cooler

Hydrogen cooler terdapat didalam di dalam generator yang berfungsi sebagai *heat exchanger*, dimana hydrogen yang bersirkulasi dalam generator mempunyai temperature tinggi akan dilewatkan pada

cooler untuk mentransfer panas. Konstruksi hydrogen cooler disesuaikan dengan masing-masing generator, ada yang vertical ataupun horizontal. Tekanan hydrogen dalam generator lebih besar daripada tekanan cooler sehingga apabila terjadi kebocoran pada cooler, hydrogen akan masuk ke cooler. Terdapat sensor hydrogen pada system cooler untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran.

### Generator Stator Cooling water

Pendinginan generator yang dapat dilakukan disamping penggunaan gas hydrogen pada ruang generator maka saat ini pada stator bar juga dapat didinginkan dengan menggunakan air. Air pendingin untuk stator bar tersebut tentunya mempunyai persyaratan tertentu. Air pendingin stator menjadi sangat penting saat generator beroperasi karena apabila kualitas air yang dipersyaratkan tidak terpenuhi akan menyebabkan timbulnya alarm ataupun terjadinya stator ground fault. Berikut beberapa kondisi yang perlu diperhatikan pada pengoperasian generator stator coolingwater yaitu:

- Stator inlet temperatur Temperatur air pendingin diatur pada temepertur  $50^{\circ}\text{c}$  ummnya beroperasi normal pada suhu temperatur  $35$  s/d  $400$  C.
- Stator cooling water outlet temperatur Temperature air pendingin pada sisi

outlet diatur pada suhu 75 s/d 900 C. Jika lebih dari suhu tersebut akan mungkin terjadinya air mendidih dan terjadi penguapan.

- Tekanan air pendingin pada stator cooling water dijaga pada level design setiap fabricant, sehingga diharapkan air pendingin dapat mengalir pada seluruh stator bar.

Hal yang harus diperhatikan adalah tekanan air pendingin lebih rendah dari tekanan gas hydrogen di dalam generator (lebih rendah 5 psi). Hal ini dimaksudkan agar jika terjadi kebocoran pada stator , maka air pendingin tidak keluar namun gas hydrogen yang dalam generator akan masuk ke dalam stator tersebut.

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa hampir seluruh generator yang mempunyai kapasitas besar menggunakan gas hydrogen bertekanan untuk pendinginan pada internal componentnya. Fungsi utama dari seal oil system adalah menjaga tekanan hydrogen dan mencegah kebocoran gas hydrogen pada journal shaft. Seal oil terdapat pada sisi exciter dan sisi turbine dimana akan dibutuhkan high pressure oil yang digunakan sebagai seal pada kedua sisi tersebut yang dialirkan secara terus menerus sehingga fungsi utama dari seal oil tersebut tercapai. Peralatan yang terdiri dari seal oil, piping, seal oil pump dan instrumentasi disebut sebagai hydrogen seal oil system Type dari seal oil ada dua yaitu; Single flow dan Double flow. Masing-masing type tersebut memiliki peralatan yang terdiri dari.

- Air Side Seal Oil Pump
- Hydrogen Side Seal Oil Pump

### 3. METODE PENELITIAN

Adapun langkah metode yang penulis lakukan sebagai bentuk flowchart berikut :



Penulis mulai melakukan pengumpulan data yang akurat dari lapangan dan kemudian data dari lapangan dijadikan referensi dan analisa guna mendapatkan hasil, apabila hasil dari analisa kurang akurat akan dilakukan analisa ulang guna memastikan data yang di dapat sudah cukup baik, kemudian penulis menggunakan data yang didapat untuk penyusunan data jurnal ini.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2021 terjadi masalah pada generator unit 1 pada sistem hydrogen di dalam generator. Pressure hydrogen dalam generator turun 5 kpa/jam unit masih bisa beroperasi dengan catatan parameter operasi seperti tekanan air GSCW di jaga 0,18mpa, pressure sealing oil dijaga 0,8 mpa dengan flow dan menjaga temperatur stator winding menunggu hasil pengcheckan dari tim pemeliharaan listrik dalam jangka waktu 3 hari ternyata laju penurunannya sebesar 30 kpa/jam sehingga diambil keputusan untuk shutdown unit.

Data tersebut di ambil pada tahun 2021 yang artinya pernah terjadi masalah kebocoran pada sistem Hydrogen pada

Generator yang mengakibatkan pasokan hydrogen plant tidak bisa mengejar supply hydrogen ke generator dan unit diharuskan untuk shutdown akibat kebocoran hydrogen mencapai 30 kpa/jam hal tersebut menyebabkan munculnya alarm stator ground fault. Maka dengan ini penulis mencoba mendokumentasikan semua yang timbul untuk mempermudah tracing masalah, troubleshooting, serta penanganan sementara untuk mengurangi dampak yang lebih besar, guna untuk mengamankan peralatan tersebut

*Case record* terbagi menjadi dua yaitu case ringan dan case berat sebagai berikut:

##### 1. *Case* yang pertama yaitu *case* ringan

Temuan trend pada monitor dcs terjadi penurunan Gas Hydrogen didalam generator yang menyebabkan unit tidak bisa menaikkan daya produksi (MW). Setelah dilakukan penelusuran yang menyebabkan laju penurunan gas hydrogen turun pesat ditemukan kebocoran hydrogen sebagai berikut:

Peralatan yang digunakan: - **HY-Alerta (H2 DETECTOR)**  
 - **Air Sabun (SNOOPY)**

LAMPIRAN



- Bearing 6 dan 7 Generator ✓ (Tidak ada temuan kebocoran)
- Drain gen Leak sisi high dan low ✓ (Tidak ada temuan kebocoran)
- Line pipa H2 gen ✓ (Tidak ada temuan kebocoran)
- H2 Dryer ✓ (Tidak ada temuan kebocoran)
- Venting H2 gen d atas turbin house ✓ (Temuan 6,2%)
- Venting H2 separator d atas turbin house ✓ (Temuan 0,1%)
- H2 cooler generator ✓ (Belum dilakukan Outservice)
- Line Generator Stator Cooling Water (Temuan 77%)
- Area bawah Generator sisi DE dan NDE ✓ (Tidak ada temuan kebocoran)
- Area H2 cooler/flange sisi Atas no 1,2,3,4 (tidak ada temuan kebocoran)

Setelah dilakukan pemeriksaan hydrogen yang bocor dengan H2 leakage detector didapat kan pada Stator Cooling water tank terdapat hydrogen.77% sehingah unit harus shutdownn akibat kebocoran 30 kpa/jam dan melakukan perbaikan di line yang bocor.

2 . Case kedua yaitu case terberat (Proses Recovery)

**Tahap 1 (Overhaull)**

1 . Mengeluarkan hydrogen dengan injeksi Co2 dengan membuka valve venting yang kecil setelah didapatkan

< 4% (16 botol Co2) H2 in Co2 maka dilanjutkan dengan mengisi udara ke dalam generator

- 2 . Block Valve untuk aliran dari sistem GSCW
- 3 . Pembukaan manhole disetiap sisi generator
- 4 . Lepas flow meter pada pipa cooling water
- 5 . Instal Special Tools pada sisi flow meter untuk injeksi nitrogen dan Freon
- 6 . Lakukan injeksi nitrogen kembali dan ditambah dengan freon dengan

- pressure 0,3 Mpa dan indentifikasi kebocoran pada pipa GSCW didalam generator dengan menggunakan H2 detector dan indra pendengaran
- 7 . Setelah didapatkan pipa yang bocor isolasi bagian pipa yang bocor untuk memberi tanda
  - 8 . Setelah pemeriksaan selesai ganti pipa cooling yang bocor dengan yang baru
  - 9 . Setelah pipa cooling dipasang dengan yang baru lakukan leakage test dengan menginjeksi freon dengan nitrogen dengan tekanan 0.4 Mpa. Lakukan pengchekan kebocoran menggunakan H2 detector dan air sabun (Snoopy) serta pemantauan pressure selama 1 jam
  - 10 . Setelah didapatkan hasil leakage test pada langkah ke 9 baik, lakukan kembali leakage test pada pipa cooling stator dengan menggunakan air demin melalui special tools yang telah terpasang
  - 11 . Berikan tekanan pada pipa menggunakan air demin 0,8 Mpa dan pantau selama 4 jam sambil lakukan pemeriksaan adanya leakage pada pipa cooling water di generator
  - 12 . Setelah kondisi terpantau dengan baik normlakan line pipa GSCW. Jalankan sistem GSCW untuk mengisi pipa ccooling water dengan tekanan 0,25 Mpa dan flow +4.00 m<sup>3</sup>

- 13 . Periksa flow pada pipa cooling water padda generator menggunakan tools ultrasonic flowmeter

- 14 . Off kan sistem GSCW

### **Tahap 2 Proses Pengeleman dan Isolasi**

- 1 . Siapkan bahan Resin untuk pengeleman pipa stator cooling water
- 2 . Campurkan mica gypsum powder untuk membuat adonan sealing pada connector pipa winding
- 3 . Campurkan hardener diwadah gelas dan beri alkohol kemudian aduk sampai larutan menyatu sehingga hardener menjadi encer
- 4 . Lakukan hal yang sama pada cairan rsin seperti cairan hardener
- 5 . Setelah cairan siap campurkan menjadi dalam satu wadah dan aduk menjhadi satu untuk bahan serlak/ lem
- 6 . Berikan lem pada connector pipa cooling yang baru, setelah itu balut menggunakan mica foil untuk generator. Pada balutan pertama seesai berikan lem yang telah dibuat pada bagian pertama dan kemudian balut lagi dengan kertas isolasi yang sama dan ulangi hal
- 7 . Setelah pemberian mica foil selesai maka tutup balutan tersebut menggunakan adonan yang telah dibuat. Setelah selesai maka berikan lem kembali kemudian tunggu sampai kering

### Tahap 3 Proses Pengujian dan Hasil

1. Lepas sambungan koneksi pada output generator menuju Generator Transformer pada netral grounding cubicle serta lepas sambungan pada junction box header cooling water di bawah generator setiap terminal diparalel dengan kabel dan outputnya dihubungkan dengan grounding koneksi star generator
2. Lakukan leakage test pada line GSCW menggunakan udara memastikan tidak ada kebocoran lagi

#### Parameter

Duration of test (H)  $\Delta t = 12$

Initial barometric pressure (Mpa)  $P_1 = 0,2993$

Final barometric pressure (Mpa)  $P_2 = 0,2986$

Atmosfer awal tekanan pengujian (Mpa)  $B_1 = 0.1006$

Atmosfer akhir tekanan pengujian (Mpa)  $B_2 = 0.1011$

Initial average temperature of the test ( $^{\circ}\text{C}$ )  $t_1 = 28,6^{\circ}\text{C}$

Final average temperature of the test ( $^{\circ}\text{C}$ )  $t_2 = 28,6^{\circ}\text{C}$

Note: dilakukan pada 8/9/2021 16:00 s/d 9/9/2021 04.00 (12 Hours)

#### DEC Formulation

$$\Delta p_d = \frac{24}{\Delta t} \left\{ (p_1 - p_2) + (B_1 - B_2)(p_1 + B_1) \times (t_2 - t_1) / (273 + t_1) \right\}$$

$$\tilde{\sigma} = \Delta p_d / p_1 \times 100\%$$

Standar DEC = 1%

#### Result

$$\Delta p_d = 0.00040$$

$$\tilde{\sigma} = 0,134 \%$$

#### Conclusion

##### Leak Conduction: GOOD

3. Setelah sudah dilakukan leak test pada Line GSCW ukur tahanan isolasi per belitan R,S,T dengan ground tegangan 10 kv
4. Pengetesan nilai tahanan belitan menggunakan Polarization Index nilai tahanan harus diatas 1 agar dikatakan normal

Setelah kejadian kemarin dilakukan pemeriksaan lebih lanjut dengan test tegangan tinggi (HV test), untuk mengetahui kualitas isolasi & dan nilai arus bocor pada masing-masing belitan. Setelah didapatkan hasil yang baik lakukan kembali test insulation tester ke masing-masing belitan untuk memastikan kondisi

isolasi winding baik, pada tahap terakhir lakukan penormalan pada generator

1. Penyambungan koneksi star generator
2. Pemasangan koneksi typingan kabel pada panel cooling stator generator
3. Pemasangan output generator ke IPB
4. Penormalan pipa GSCW
5. Penutupan manhole generator
6. Running system GSCW

## 5 . SIMPULAN

Untuk mencegah permasalahan diatas terulang kembali maka perlu memperhatikan batasan pengoperasian sebagai berikut

- Setelah dilakukan penambahan (pengeleman) pipa hidrogen dan dites dengan memberikan tekanan pada line pipa dengan hasil baik
- Tekanan air pendingin pada stator cooling water dijaga pada level design setiap fabricant, sehingga diharapkan air pendingin dapat mengalir pada seluruh stator bar. Hal yang harus diperhatikan adalah tekanan air pendingin lebih rendah dari tekanan gas hydrogen di dalam generator (lebih rendah 5 psi). Hal ini dimaksudkan agar jika terjadi kebocoran pada stator bar, maka air pendingin tidak keluar namun gas hydrogen yang dalam generator akan masuk ke dalam stator bar tersebut
- Menjaga parameter operasi sesuai dengan persyaratan manufacturennya

sebagai berikut:

Menjaga kondisi temperatur di range 40-50°C

Menjaga Conductivity air di range 0,5-1,5 s/cm

Ph air 7.0-9,0

Menjaga Flow GSCW kurang dari 45 liter/menit

Menjaga pressure kurang 0,18 mpa

- Kebocoran hydrogen harus cepat ditangani dikarenakan hydrogen bersifat eksplosif bila tercampur dengan udara

## 6 . DAFTAR PUSTAKA

SETRUM – Volume 2, No.1, Juni (2013).  
Sistem Pendinginan Generator PT Indonesia Power UBP Suralaya Menggunakan Hidrogen

<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jis/article/view/231/332>

Beijing BEIZHONG Steam Turbine Generator Co,Ltd. B0601,08-(2008).  
220MW Turbine Generator System

Pltu Pangkalan Susu omu (2021)  
Generator Rotor Stator *PLTU Pangkalan susu OMU 4x200*